

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms

Dr. R. Metzner

Agrartechnik 2011

Band 23



Agricultural Engineering 2011

Jahrbuch

Agrartechnik 2011

Band 23

Yearbook

Agricultural Engineering 2011



Herausgeber
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms
Dr. R. Metzner

Jahrbuch

Agrartechnik 2011

Band 23

Yearbook

Agricultural Engineering 2011



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen und Bilder, auch für den Zweck der Unterrichtsgestaltung, gestattet das Urheberrecht nur, wenn sie mit dem Verlag vorher vereinbart wurden. Im Einzelfall muss über die Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums entschieden werden. Das gilt für die Vervielfältigung durch alle Verfahren, scannen der Abbildungen, einschließlich Speicherung, Veränderung, Manipulation im Computer und jede Übertragung auf Papier, Transparente, Filme, Bänder, Platten und andere Medien.

Alle Informationen ohne jede Gewähr und Haftung.

ISBN 978-3-7690-0773-2

Herstellung: Nina Eichberg, DLG-Verlag, Frankfurt

Satz und Druck:

abcdruck GmbH Heidelberg

www.abcdruck.de

Veröffentlichung:

Max-Eyth-Stiftung

Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt

Übersetzungen:

Dr. Simon Weipert

Schwarzwaldstr. 11, D-69242 Mühlhausen-Rettigheim

Telefon: 07253/279840

E-Mail: info@simon-weipert-uebersetzungen.de

www.simon-weipert-uebersetzungen.de

Redaktionelle Betreuung:

Dr. Rainer Metzner

Wingertsweg 7, D-64823 Groß-Umstadt

Telefon: 06078/911623

E-Mail: cur.metzner@gmx.de

Vertrieb:

DLG-Verlag

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft-Verlags-GmbH

Eschborner Landstraße 122

D-60489 Frankfurt am Main

Sponsoren/Sponsors:

VDI-MEG • VDMA-LANDTECHNIK

Inhaltsübersicht

Contents

Aktuelle Entwicklungen in der Tierhaltungstechnik 7

1	Allgemeine Entwicklung	17
1.1	Landbewirtschaftung und Klimawandel.	17
1.2	Landtechnikmarkt (Innenwirtschaft)	23
2	Informationstechnik.	29
2.2	Elektronik in der Innenwirtschaft	29
2.4	Logistik für Futterbereitstellung und Auslieferung	34
2.5	Arbeitswissenschaft für die Innenwirtschaft	40
2.7	Qualitätssicherung (Rückverfolgbarkeit) in der Innenwirtschaft.	49
3	Gesamtentwicklung Traktoren.	55
4	Bodenbearbeitungstechnik	63
5	Sä- und Pflanztechnik	69
6	Düngetechnik	73
6.2	Organische Düngung	73
7	Halmguterntetechnik	77
7.3	Halmgutkonservierung	77
8	Körnererntetechnik	81
8.2	Körnerkonservierung	81
9	Hackfruchternte	87
10	Technik für Sonderkulturen	91
10.1	Gartenbautechnik im Freiland	91
10.2	Gewächshaustechnik und Biorobotics.	95
11	Landwirtschaftliches Bauwesen.	101
11.1	Bauplanung und Baurecht	101
11.2	Landwirtschaftliches Bauen	106
12	Technik in der Tierhaltung	115
12.1	Technik in der Milchviehhaltung	115
12.2	Technik in der Rindermast	123
12.3	Technik in der Schweinezucht	131
12.4	Technik in der Schweinemast	136
12.5	Technik in der Legehennenhaltung.	142
12.6	Technik in der Geflügelmast	145
12.7	Aquakultur – kontrollierte Erzeugung von Nutzorganismen in Wasser	148
13	Bioverfahrenstechnik, Umwelttechnik . .	155
13.2	Bioverfahrenstechnik und Umwelttechnik in der Innenwirtschaft.	155
14	Energietechnik (Alternative Energien) . .	159
14.1	Energietechnik und Biogasgewinnung in der Innenwirtschaft.	159

Current Developments in Livestock Farming Technology 7

1	General Development.	17
1.1	Agriculture and Climate Change.	17
1.2	The Agricultural Machinery Market (Livestock Farming)	23
2	Information Technology	29
2.2	Electronics in Livestock Farming	29
2.4	Logistics for the Supply and Delivery of Forage	34
2.5	Farm Work Science for Livestock Farming	40
2.7	Quality Assurance (Traceability) in Livestock Farming.	49
3	Agricultural Tractor Development	55
4	Tillage	63
5	Sowing and Planting	69
6	Fertilizing.	73
6.2	Organic Fertilizing	73
7	Crop Harvesting	77
7.3	Crop Preservation	77
8	Grain Harvesting	81
8.2	Grain Preservation	81
9	Root Crop Harvesting.	87
10	Engineering for Intensive Crops	91
10.1	Open Field Mechanization.	91
10.2	Engineering for Greenhouses and Biorobotics	95
11	Farm Building	101
11.1	Construction Planning and Construction Law .	101
11.2	Rural Construction	106
12	Machinery and Techniques for Animal Husbandry	115
12.1	Machinery and Techniques for Dairy Cattle Husbandry.	115
12.2	Techniques and Equipment for Cattle Fattening	123
12.3	Machinery and Techniques in Pig Breeding	131
12.4	Machinery and Techniques in Pig Fattening.	136
12.5	Machinery and Techniques for Laying Hen Husbandry	142
12.6	Machinery and Techniques in Poultry Fattening	145

15	Agrartechnik in den Tropen und Transformationsländern	165	12.7	Aquaculture – Controlled Production of Beneficial Organisms in Water	148
15.1	Agrartechnik in den Tropen und Subtropen	165	13	Bioengineering, Environmental Engineering	155
16	Kommunaltechnik	171	13.2	Bioengineering and Environmental Engineering in Livestock Farming	155
16.1	Straßenreinigung, Abfallsammelfahrzeuge	171	14	Energy Engineering (Renewable Energies)	159
17	Prüfwesen und Qualitätssicherung	175	14.1	Energy Engineering and Biogas Production in Livestock Farming	159
17.1	Prüfwesen und Qualitätssicherung für die Innenwirtschaft	175	15	Agricultural Engineering in the Tropics and in Transformation Countries	165
18	Geschichte der Landtechnik	181	15.1	Agricultural Engineering in the Tropics and Subtropics	165
18.1	Die Landtechnik auf dem Weg zur Wissenschaft	181	16	Municipal Engineering	171
Schlussbemerkung der Herausgeber			16.1	Street Cleaning, Refuse Collection Vehicles	171
Verfasserverzeichnis			17	Testing and Quality Assurance	175
			17.1	Testing and Quality Assurance in Livestock Farming	175
			18	Historical Development of Agricultural Engineering	181
			18.1	Agricultural Engineering on its Way to a Science	181
			Concluding Remarks of the Editors		
			Author Catalogue		

Aktuelle Entwicklungen in der Tierhaltungstechnik

Current developments in Livestock Farming Technology

W. Büscher, Bonn

Die aktuellen landtechnischen Entwicklungen in der Nutztierhaltung reflektieren die globalen und nationalen Trends, die zum Teil schon über Jahre auf die Landwirtschaft einwirken. Geringe Gewinnmargen zwingen die Unternehmen zur einzelbetrieblichen Ausdehnung ihrer Produktion, während kleinere Betriebe Modernisierungsinvestitionen vermeiden und mittelfristig zum Ausstieg aus der Produktion neigen. Dieser Strukturwandel führt in den „Zukunftsbetrieben“ zu immer größeren Tierbeständen mit allen Konsequenzen für technische und arbeitswirtschaftliche Entscheidungen.

Zum Teil können die arbeitswirtschaftlichen Effekte dieser Entwicklung durch weitere oder leistungsfähigere Mechanisierungen kompensiert werden. Die Investitionen und die Kapitalbindung je Tierplatz steigen hierdurch immer weiter an. Viele „Familienbetriebe“ haben in der Konsequenz des betrieblichen Wachstums den Einstieg in Fremdarbeitskräfte-Situationen vollzogen. In der Tierhaltung sind es Teil- oder Vollzeitkräfte, die in der Regel einen festen Teil der „täglich anfallenden Arbeiten“ übernehmen. Die Arbeiten werden üblicherweise mit festen Wochen-Arbeitsplänen zugeteilt. Dies setzt voraus, dass alle anfallenden Arbeiten vorher erfasst und klare Zuständigkeiten geschaffen wurden. Eine solide Arbeitsplanung mit festen Zuständigkeiten ist für viele Betriebsleiter eine neue Herausforderung, weil bislang alle Arbeiten selbst erledigt wurden und keine strukturierten Aufzeichnungen vorliegen. Für die wachsenden Betriebe ist die Rekrutierung von sachkundigen und motivierten Mitarbeitern oft problematisch. Arbeitsplätze in der Landwirtschaft sind für viele Arbeitnehmer wenig attraktiv, weil die Arbeitsbedingungen – im Vergleich zu klassischen Industrietätigkeiten – eher als „schmutzig“ und „körperlich anstrengend“ eingestuft werden.

Daher werden seit längerer Zeit auch in den tierhaltenden Betrieben körperlich schwere und regelmäßig anfallende Arbeiten weiter mechanisiert und automatisiert. Am Beispiel der Milcherzeugung sind diese Effekte sehr deutlich zu erkennen. Automatische Melksysteme (AMS) sind in über 4.000 Betrieben in Europa zum Standard geworden. Derzeit sind verstärkt Entwicklungen im Bereich der Futterentnahme, -aufbereitung und -vorlage festzustellen, um auch hier den täglichen Arbeitsaufwand zu senken. Es

The current agricultural machinery developments in livestock farming reflect the global and national trends, some of which have already influenced agriculture for years. Smaller profit margins force the enterprises to expand their production at the level of the individual operation, whereas smaller farms avoid modernization investments and tend to quit production in the medium run. On “future-oriented farms”, this structural change leads to constantly growing herds with all consequences for technical and labour-management decisions.

The effects of this development on labour management can partially be compensated for by means of more or more efficient mechanization. As a result, investments and capital binding per animal place are increasing continuously. Many “family farms” have started to hire outside workers as a consequence of farm growth. In livestock farming, part-time or full-time workers generally take over a fixed share of “daily work”. Work is usually assigned based on fixed weekly schedules. This requires prior registration of all necessary work and the creation of clear responsibilities. Solid work planning with fixed responsibilities is a new challenge for many farm managers because they carried out all work themselves in the past and no structured records are available. The recruitment of skilled, motivated workers is often a problem for the growing farms. Jobs in agriculture are not very attractive for many employees because the working conditions are considered rather “dirty” and “physically demanding” as compared with classic industry work.

Therefore, the mechanization and automation of hard physical labour and regular work have also been progressing on livestock farms for quite some time. Milk production provides an example where these effects can be discerned very clearly. Automatic milking systems (AMS) have become standard on more than 4,000 farms in Europe. Currently, a growing number of developments regarding the unloading, processing, and dispensing of feed can be observed which serve to reduce daily work requirements in this field. One can expect that dairy cow feeding in the animal house will be the next automation step on dairy cattle farms. Numerous technical developments ranging from fully automatic

ist zu erwarten, dass der nächste Automatisierungsschritt in den Milchviehbetrieben die Fütterung der Milchkühe im Stall sein wird. Zahlreiche technische Entwicklungen sind in der Erprobung, von der vollautomatischen Entnahme aus dem Silo über die Futteraufbereitung bis zur -vorlage.

Elektronikeinsatz in der Tierhaltung

Landwirte beklagen in der Tierhaltung die zunehmenden Aufwendungen für Dokumentation und Nachweise. Handel und Verbraucherschutz fordern eine lückenlose Rückverfolgbarkeit von Tierdaten und Nachweise aller Behandlungsmaßnahmen.

Die spezielle Situation zum Elektronikeinsatz in der Milchviehhaltung lässt sich am einfachsten durch folgende Beschreibung charakterisieren. Um ihre Milcherzeugung zu steigern und auf den angekündigten Ausstieg aus der Quotenregelung im Jahr 2015 zu reagieren, haben bereits viele zukunftsorientierte Milchviehhalter ihre Tierbestände aufgestockt. Die durchschnittliche Herdengröße ist hierdurch in Deutschland stark angestiegen, wobei in Tierbeständen über 200 Kühen davon auszugehen ist, dass auch Fremdarbeitskräfte zum Einsatz kommen. Durch den Wegfall der Quotenregelung und liberalere Marktbedingungen haben sich die Verkaufserlöse je kg Milch für die Milcherzeuger deutlich verschlechtert. Bei sehr kleinen Gewinnspannen pro kg Milch ist das Wachstum für viele Betriebe die einzige Möglichkeit, ihr Einkommen abzusichern oder zu steigern. Mit der Bestandserweiterung geht seit vielen Jahren eine Leistungssteigerung der Einzeltiere einher, die auf genetischen und technischen Fortschritt zurückzuführen ist. Dazu hat sicher auch die ganzjährige Stallhaltung und Silagefütterung (in Verbindung mit dem Einsatz von Totaler-Misch-Ration) beigetragen.

Allerdings haben diese Entwicklungen auch Nachteile für die Milchkühe. Die Zahl der Laktationen ist kontinuierlich gesunken, während die Erkrankungshäufigkeiten gestiegen sind. Hauptabgangsursachen für die Tiere sind nach wie vor „Eutererkrankungen“, „Unfruchtbarkeit“ und „Gliedmaßenerkrankungen“. Eine visuelle intensive Tierbeobachtung leidet sehr stark durch die Entwicklung, dass pro Arbeitskraft immer mehr Tiere betreut werden müssen und Fremdarbeitskräfte oft nicht die hierzu nötige Qualifikation aufweisen.

Daher wurden elektronische Informationssysteme entwickelt, die bereits in vielen Milchviehherden mit sehr unterschiedlicher technischer Ausstattung zum Einsatz kommen. Die elektronische Tieridentifizierung war eine Schlüsseltechnologie, die sehr viele Anwendungen erst ermöglicht hat. In sehr frühen Entwicklungen standen die

silo unloading and feed processing to dispensing are being tested.

Use of electronic systems in livestock farming

Farmers are complaining about growing work requirements for documentation and proof in livestock farming. Commerce and consumer protection demand gapless traceability of animal data and proof of all treatment measures.

The following description provides the simplest characterization of the special situation with regard to the use of electronic systems in dairy cattle farming: In order to increase their milk production and to react to the announced end of the quota regulation in the year 2015, many future-oriented dairy cattle keepers have already enlarged their animal herds. As a result, average herd size in Germany has increased significantly. If herd sizes exceed 200 cows, one must assume that outside workers are hired. Due to the end of the quota regulation and more liberal market conditions, sales proceeds per kg of milk have decreased considerably for milk producers. Since profit margins per kg of milk are very small, growth is the only possibility for farms to secure or increase their incomes. For many years, herd growth has been accompanied by an increase in the performance of the individual animals, which must be attributed to genetic and technical progress. Year-round indoor livestock keeping and silage feeding in combination with the use of total mixed rations have certainly made a contribution to this development.

However, these developments also have disadvantages for the dairy cows. The number of lactations has diminished significantly, while the occurrence of diseases has grown. “Udder diseases”, “infertility”, and “limb diseases” remain the primary reasons for animal mortality. Visual animal observation suffers considerably because more and more animals must be cared for by one worker and outside workers often do not have the necessary qualification.

Therefore, electronic identification systems were developed which are already used in many dairy cattle herds whose technical equipment is very different. Electronic animal identification was a key technology which was the prerequisite for very many applications. Very early developments focused on classic milking parameters (milking quantity, milk flow). These were also very important under aspects of breeding. Later, pedometers (step counters) were introduced in order to detect particularly active animals and their oestrus symptoms. Newer pedometers are also able to distinguish between lying and standing animals. This allows the characteris-

klassischen Melkparameter im Vordergrund (Gemelksmenge, Milchfluss). Diese waren auch für züchterische Aspekte sehr wichtig. Später wurden Pedometer (Schrittzähler) eingeführt, um besonders aktive Tiere und deren Brunstsymptome zu erkennen. Neuere Pedometer sind auch in der Lage, zwischen liegenden und stehenden Tieren zu unterscheiden. Dies erlaubt die Einbeziehung des Merkmals „Liegendauer“ in das Gesundheitsmanagement mit neuen Auswertungsmöglichkeiten.

Auch die neueren Sensoranwendungen zur Milch tangieren Tiergesundheitsaspekte, wie etwa die Milchtemperatur oder deren Leitfähigkeit zur „Pre-Diagnostik“ von sich anbahnenden Gesundheitsstörungen. In eigenen Untersuchungen (im Rahmen einer Diplomarbeit) wurde ein neuer Sensor zur Bestimmung von Milchinhaltsstoffen untersucht, um typische Parameterverläufe nach aufgetretenen Erkrankungen durch Zeitreihenanalysen zur erfassen.

Insgesamt wird bei Literaturrecherchen sehr schnell deutlich, dass es viele neue Anwendungen durch neue Sensorsysteme und veränderte Auswertungsmethodiken gibt, die langfristig in das Informationsmanagement von Milchviehbetrieben eingebunden werden können. Es mangelt allerdings an einer interdisziplinären Zusammenarbeit – etwa zwischen Tierhaltern und Veterinärmediziner – und einer Verknüpfung von Informationen zu „Mustern“, um die Vorhersagesicherheit von „Gesundheitsstörungen“ zu erhöhen. Auch die technischen Voraussetzungen zur Kommunikation von herstellerübergreifenden Mess- und Regeltechniken in Tierställen wurden erst seit 2007 geschaffen, wobei das Bus-System ISOagriNet (ISO 17532) bisher leider noch nicht die gewünschte Verbreitung gefunden hat.

Als Aufgaben für die Zukunft werden von landwirtschaftlicher Seite folgende Anforderungen an den Elektronik-einsatz gestellt:

- Herdenmanagement-Programme sollten im Sinne „Elektronischer Tagebücher“ mit arbeitssparenden Techniken zur Früherkennung von Gesundheitsproblemen und zur Eintragung von Tierbehandlungen ausgestattet werden. Neben dem gesetzlich geforderten Bestandsregister sollten auch alle anderen internet-basierten Datenaustausch-Möglichkeiten mit diesen Programmen durchgeführt werden können.
- Eine Zusatzausstattung für operative Aufgaben vor Ort können Smartphones darstellen, wobei moderne Systeme gleichzeitig als Telefon und Internet-Zugang genutzt werden können. Oft bemängeln die Landwirte allerdings, dass diese Geräte noch zu empfindlich und nicht wirklich stalltauglich sind.
- Ein herstellerübergreifender Datenaustausch auf der Basis des ISOagriNet-Standards sollte bei allen zuge-

hörigen Tieren „lying duration“ to be considered in health management, which opens up new potential applications.

Newer milk sensor applications, such as the measurement of milk temperature or milk conductivity for the “pre-diagnostics” of incipient diseases, also touch animal health aspects. In studies carried out by the author (as part of a “diplom” thesis), a new sensor for the online determination of milk components was examined in order to record typical parameter developments after diseases by means of time series analyses.

Altogether, literature research shows very quickly that new sensor systems and modified evaluation methods provide numerous new applications which can be integrated into the information management of dairy cattle farms in the long run. However, interdisciplinary cooperation between animal keepers and veterinarians, for example, and the detection of “patterns” based on connected information, which would allow the reliability of “disease” prediction to be improved, are still insufficient. The technical prerequisites for communication between manufacturer-independent measuring and control systems in animal houses have been created only since 2007, and the BUS-system ISOagriNET (ISO 17532) has unfortunately not yet gained the desired acceptance.

The demands of agriculture for the use of electronics in the future include the following tasks:

- Herd management programs should be designed as “electronic diaries” with work-saving technologies for the early detection of health problems and the logging of animal treatments. In addition to the legally required herd register, these programs should enable all other techniques of internet-based data exchange to be implemented.
- Smart phones can be used as additional equipment for operative tasks on the premises. Modern systems can be used as a telephone and for internet access at the same time. Often, however, farmers criticize that these units are still too susceptible to damage and not really suitable for use in animal houses.
- Manufacturer-independent data exchange on the basis of ISOagriNET should be general standard in all additionally purchased components in order to guarantee the ability to communicate at all levels.

Energy questions and cooling techniques in pig houses

Pig husbandry has also undergone significant structural change in recent years. Average herd sizes have grown noticeably. Pig keepers regard increasing energy costs,

kaufen Komponenten selbstverständlich sein, um die Kommunikationsfähigkeit auf allen Ebenen zu gewährleisten.

Energiefragen und Kühlungs-techniken in Schweineställen

In der Schweinehaltung hat sich in den letzten Jahren ebenfalls ein starker Strukturwandel vollzogen. Die durchschnittlichen Bestandsgrößen sind deutlich angestiegen. Von den Schweinehaltern werden die steigenden Energiekosten, die zunehmenden Tierschutzaufgaben und die kostenintensiven Umweltforderungen als große Belastungen empfunden.

In diesem Zusammenhang werden immer wieder die Notwendigkeit von Heizungsanlagen und die Nutzung von regenerativen Energiequellen diskutiert. Wie Bild 1 zeigt, ist die zeitliche Auslastung einer Heizungstechnik in der Schweinemast von 30 bis 110 kg Lebendmasseentwicklung eher gering einzustufen. Trotzdem ist eine Energiequelle unentbehrlich, um den Stall anzuwärmen und das Energiedefizit bei Mastbeginn auszugleichen. Bilanziert man die Wärmeströme (Bild 1), beträgt der Leistungsbedarf für ein Abteil mit 600 Mastplätzen etwa 4 kW. In kleineren Abteilen hat sich ein Planungswert von 0,1 kW zu installierende Heizleistung je Mastplatz bewährt. Über das ganze Jahr betrachtet, kann man von einem Energieverbrauch pro Mastplatz von 30 kWh ausgehen, wobei die

growing animal protection requirements, and the cost-intensive demands of environmental protection as a great burden.

Given these problems, the necessity of heating systems and the use of regenerative energy sources are frequently discussed. As shown in Figure 1, the temporal capacity utilization of a heating system in pig fattening during the development phase between 30 and 110 kg of live weight must be considered rather small. Nevertheless, an energy source which heats the animal house and compensates for the energy deficit at the beginning of the fattening period is indispensable. A heat flow balance (Fig. 1) shows that the thermal output required for a compartment with 600 fattening places is approximately 4 kW. In smaller compartments, a thermal output of 0.1 kW per fattening place has proven itself as a planning value. Over the entire year, one can assume an energy consumption of 30 kWh per fattening place. Real consumption, however, can deviate considerably from this value on the individual farm depending on technology and setting.

Whether this thermal energy is provided by a hot-air blower or convection heating (e.g. delta pipes underneath the air flow channel) in the compartment is secondary under the aspect of heat balance. Which heating technique is appropriate for the individual farm rather depends on the existing technical equipment on the

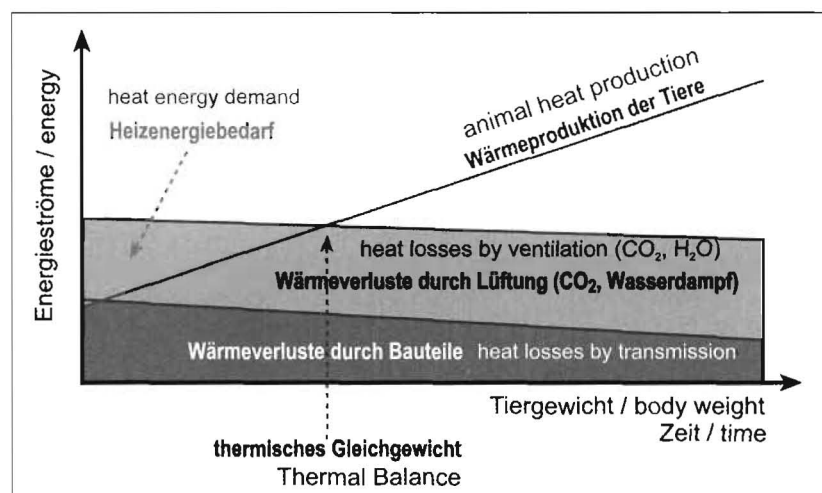


Bild 1: Die Wärmebilanz eines Stalles ist bei wachsenden Tieren „dynamisch“. Zu Beginn der Mast besteht in der Regel ein Defizit; bei Tiergewichten über 45 kg liegt meist ein Überschuss vor.

Fig. 1: The energy balance of an animal house is “dynamic” for growing pigs. Usually in the early phase of fattening a deficit exists; with a body weight above 45 kg in most cases an surplus can be registered.

tatsächlichen Verbräuche hiervon – je nach Technik und Einstellung – einzelbetrieblich stark abweichen können.

Ob diese thermische Energie über ein Warmluftgebläse oder eine Konvektionsheizung (zum Beispiel Delta-Rohre unter dem Rieselkanal) in dem Abteil zur Verfügung gestellt wird, ist aus Sicht der Wärmebilanz zweitrangig. Welches Heizverfahren das richtige für den jeweiligen Betrieb ist, hängt eher von der bereits vorhandenen technischen Ausstattung im Betrieb ab. Ist ein Heizöl-Brenner zur Warm-Wasser-Bereitung im Betrieb vorhanden, sind die Aufwendungen für einen zusätzlichen Wasserkreislauf relativ gering. Da die zeitliche Auslastung der Technik sehr gering ist, haben üblicherweise die Anschaffungskosten den größten Einfluss auf die Kaufentscheidung. Beim Einsatz von Gasstrahlern und -kanonen ist zu berücksichtigen, dass durch die Verbrennungsrückstände die Stallluft zusätzlich mit Kohlendioxid belastet wird und die Minimalluftfrate um etwa 10 % höher sein sollte als bei Konvektionsheizungen. Erst seit zwei Jahren sind auch Gaskanonen im Einsatz, die die Verbrennungsrückstände nach außen abführen und nicht in den Raum leiten. Durch höhere Lüftungswärme-Verluste wird auch die Wärmebilanz ungünstig beeinflusst. Luft-Luft-Wärmetauscher (**Bild 2**) sind immer dann sinnvoll, wenn die Abluft aus mehreren Abteilen zusammengeführt wird und die Abteile zeitversetzt belegt werden. Bei steigenden Heizenergiekosten sollte man über den Einsatz von Wärmetauschern nachdenken und diese in anstehende Investitionsentscheidungen einbinden.

In den gesetzlichen Vorgaben zum Tierschutz in der Schweinehaltung werden Kühlungsmöglichkeiten im Stall gefordert. Dieser Forderung kann man durch Sprühbefeuchtungsanlagen gerecht werden, die auch zum Einweichen des Stalles vor dem Reinigen eingesetzt werden. Besonders effektiv ist die Nutzung des Erdreichs bei der Frischluftansaugung, weil man im Winter die Frischluft auf diese Weise vorwärmen kann und im Sommer eine Abkühlung stattfindet. Auch die Durchströmung eines zentralen Zuluftkanals unter dem zentralen Kontrollgang des Stalles kann eine erhebliche Abkühlung verursachen. **Bild 3** verdeutlicht die verschiedenen Varianten der „Unterflur-Zuluftführung“. Soll allerdings die gesamte Frischluft für die Sommerluftfrate über das Erdreich angesaugt werden, müssen große Strömungsquerschnitte und aufwendige Erdarbeiten bei der Erstellung der Luftkanäle berücksichtigt werden. Hierdurch steigen die Anschaffungskosten deutlich an.

farm. If the farm has a heating oil burner for water heating, the construction requirements for an additional water circuit are relatively small. Since the temporal capacity utilization of the equipment is very low, the acquisition costs usually have the greatest influence on the purchasing decision. When gas radiators and hot-air blowers are used, one must take into consideration that the combustion residues increase the carbon dioxide load of the animal house air and that the minimum air rate should be about 10% higher than in houses equipped with convection heaters. Gas hot-air blowers which discharge their combustion residues to the outside and do not lead them into the barn have been used for only two years. Higher ventilation heat losses also exert an unfavourable influence on the heat balance. Air-air heat exchangers (**Fig. 2**) are always useful when the exhaust air from several compartments is discharged together and when there is a time shift between the occupation of the individual compartments. When heating energy costs rise, one should consider the use of heat exchangers and include them in upcoming investment decisions.

The legal requirements for animal protection in pig husbandry demand cooling equipment in the barn. This requirement can be fulfilled by means of spray moistening systems, which are also used to soak the animal house before cleaning. Fresh air suction through underground channels is particularly effective because it allows fresh air to be preheated in the winter and to be cooled in the summer. When the air flows through a central fresh air channel under the central control aisle of the animal house, this can also have a considerable cooling effect. **Figure 3** illustrates the different variants of “underfloor fresh air conduction”. If, however, the entire fresh air for the summer air rate is sucked in through underground channels, large flow cross sections and extensive ground work for the construction of the air channels must be taken into consideration. This causes the purchasing costs to increase significantly.

Exhaust air cleaning – currently not yet “state of the art”?

When new animal houses are built in regions with high “animal density”, obligatory exhaust air processing is often required in approval procedures. However, numerous measurements and also the DLG tests which are currently still under way have shown that the use of biofilters or biowashers causes the additional expenses to increase to more than € 10 per fattening pig pro-

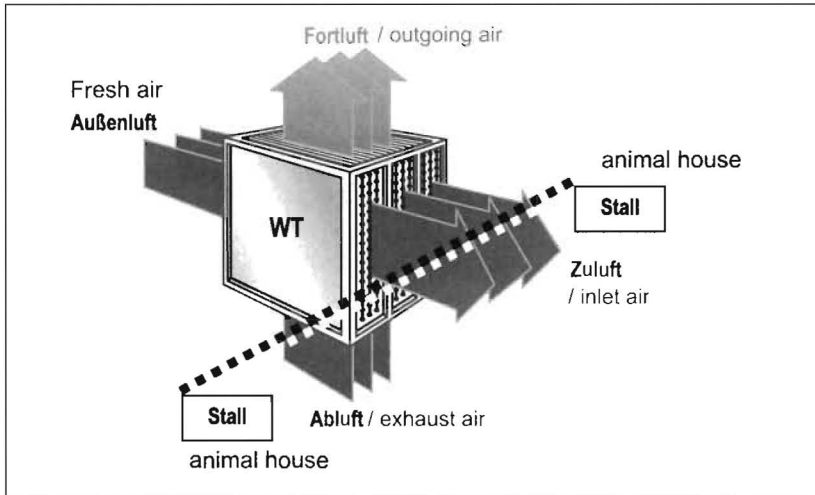


Bild 2: Bei der Luft-Luft-Wärmerückgewinnung wird Wärme aus der Abluft auf die angesaugte Frischluft übertragen
Fig. 2: Heat recovery by heat exchanging from exhaust to ingoing air

Abluftreinigung – bislang noch nicht „Stand der Technik“

Häufig wird im Genehmigungsverfahren von Stallneubauten in Regionen mit hoher „Tierdichte“ die Forderung nach obligatorischer Abluftaufbereitung erhoben. Zahlreiche Messungen und auch die derzeit noch laufenden DLG-Prüfungen haben jedoch gezeigt, dass durch den Einsatz von Biofiltern oder Biowäschern die Mehrkosten auf über 10,- Euro je erzeugtes Mastschwein steigen. Dieser Mehraufwand schmälert den Gewinn erheblich und ist vielen Beteiligten nicht bewusst. Deshalb und wegen vieler verfahrenstechnischer Risiken sollten Biofilter und -wäscher nicht generell als Stand der Technik betrachtet werden. Ist es aus genehmigungstechnischer Sicht notwendig, den Ammoniakausstoß des Stalles über die Abluft zu senken, müssen Säuren in einer mehrstufig arbeitenden Abluftreinigungsanlage verwendet werden, um bei einem niedrigen pH-Wert das basische Ammonium (NH_4^+) in einem Wasserkreislauf zu binden. Diese Spezialtechnik erhöht nicht nur die Kosten, sondern erfordert auch Zusatzkenntnisse im Umgang mit gefährlichen Betriebsmitteln.

Tierhaltung und Bioenergie

Vordergründig ist die Nutztierhaltung nur „Energiekonsument“ und reagiert auf hohe Heiz- und Elektroenergiekosten durch Verbesserung der Energieeffizienz im Gesamtverfahren. Auch den Tierhaltern ist klar geworden, dass es sinnvoll ist, bei Kaufentscheidungen die Energie-

produkt. These additional costs reduce the profits significantly, and many of those involved in the procedure are not aware of this profit reduction. Therefore and due to many process-technological risks, biofilters and bio-washers should not generally be considered state of the art. If it is necessary under approval aspects to reduce the ammonia emission of the animal house via the exhaust air, acids must be used in a multistage exhaust air cleaning system in order to fix basic ammonia (NH_4^+) in a water cycle at a low pH value. This special technology not only increases the costs, but it also requires additional knowledge about the handling of hazardous substances.

Livestock farming and bioenergy

At first glance, livestock farming is exclusively an “energy consumer” and reacts to high heating and electric energy expenses by improving energy efficiency during the entire procedure. Animal keepers have also realized that it is useful to consider the energy costs particularly carefully when making purchasing decisions. Energy efficiency is especially important in components used continuously, such as water circulation pumps or barn fans. Here, even small differences in energy consumption are clearly noticeable in long-term consideration. As already mentioned with regard to the animal house climate, the attitude of many animal keepers towards the use of regenerative energy sources for heating and cooling is far more open than it was in the past.

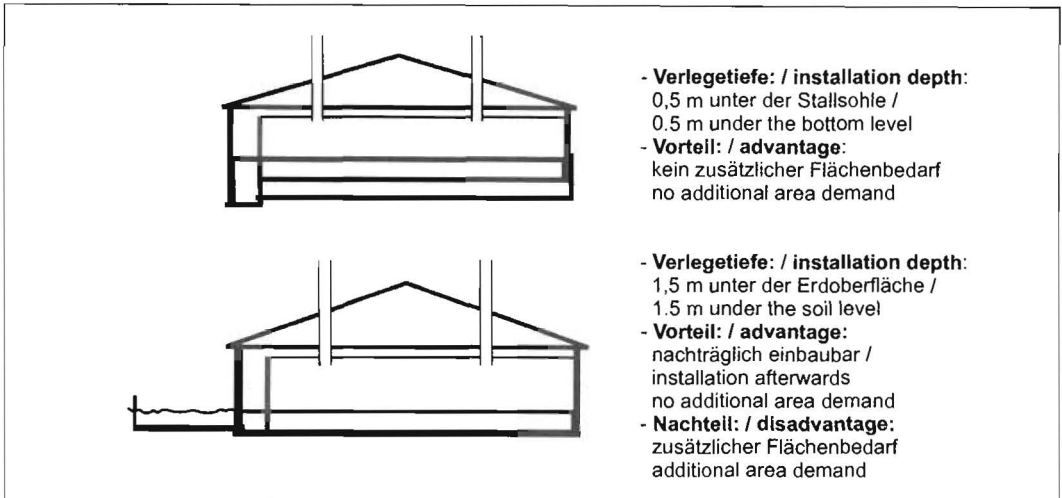


Bild 3: Frischluftansaugung durch Kanäle im Erdreich zur Vorerwärmung der Zuluft im Winter und zur Temperaturabsenkung im Sommer. Varianten der „Unterflur-Zuluftführung“ unter dem Fundament (oben) und neben dem Stall (unten)

Fig. 3: Warming up of incoming air by fres-air-sucking through channels in the soil under winter conditions and cooling at summer. Variation of air guidance under the building (top) and near the stable (below)

kosten besonders aufmerksam zu betrachten. Wichtig ist vor allem die Energieeffizienz bei Komponenten, die im Dauereinsatz betrieben werden, wie Wasser-Umwälzpumpen oder Stallventilatoren. Hier machen sich schon kleine Unterschiede in der Energieaufnahme bei einer Langzeitbetrachtung deutlich bemerkbar. Wie schon beim Stallklima erwähnt, stehen viele Tierhalter der Nutzung regenerativer Energiequellen zum Heizen und Kühlen sehr viel offener gegenüber als in der Vergangenheit. Durch die Sondervergütungen (also den Bonus für die Verwendung von Flüssigmist oder für Abwärmenutzung im Stall) im Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) suchen viele Tierhalter nach sinnvollen Kombinationen von Tierhaltung und Biogas-Stromerzeugung. Besonders interessant für die Tierhalter sind trotz der hohen Investitionskosten die planungssichere Entlohnung des eingesetzten Kapitals und der Arbeit durch garantierte Strom-Einspeisevergütungen. Hohe Wärmeabnahmemengen einer Biogasanlage mit Blockheizkraftwerk gewährleisten folgende Bereiche, die zunehmend in der Praxis diskutiert und umgesetzt werden:

- Warm-Wasser-Fußbodenheizung für Saug- und Aufzucht-Ferkel,
- Trocknung von Einstreumaterial und Futtermitteln,
- Umwandlung von Wärme in Kälte etwa für die Stall- oder Milchkühlung,
- Aquakultur für Warm-Wasser-Fischzucht oder -mast.

Due to special payments (i.e. the bonus for the use of liquid manure or waste heat utilization in the animal house) provided by the Renewable Energy Act, many animal keepers are looking for appropriate combinations of livestock farming and electricity generation with biogas. Despite the high investment costs, the compensation for capital and labour due to guaranteed electricity input payments which allow for reliable planning is particularly interesting for animal keepers. The following applications, which are more and more being discussed and implemented in practice, guarantee a high consumption of energy generated by a biogas plant with a cogeneration unit:

- Hot-water floor heating for nursing and rearing piglets
- Drying of litter material and feed,
- Heat-cold conversion for animal house or milk cooling, for example,
- Aquaculture for warm-water fish breeding or fattening.

Payments for the energy used on the farm require a high temporal utilization rate of waste heat and clear registration of energy quantities. For this reason, heat quantity counters must be used in hot-water systems which calculate the “exported energy quantities” based on the water flow and the temperature differences be-

Voraussetzung für eine Vergütung der innerbetrieblich verwendeten Energie sind hohe zeitliche Nutzung der Abwärme und eine saubere Erfassung der Energiemengen. Wärmemengenzähler müssen daher in Warm-Wasser-Systemen eingesetzt werden, die aus den geflossenen Wassermengen und aus den Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauf die „exportierten Energiemengen“ berechnen, die verwendet wurden.

Umgang mit Risiken

Die Märkte für Agrarprodukte ändern sich seit einigen Jahren drastisch; Liberalisierung und Globalisierung haben weitreichende Konsequenzen für die landwirtschaftliche Unternehmensentwicklung. Europäische Landwirte müssen lernen, mit den starken Weltmarktpreisschwankungen vieler Agrarprodukte umzugehen. Dies fällt den Milcherzeugern sehr schwer, nachdem sie durch staatlichen Protektionismus in den letzten 30 Jahren hiervon weitgehend verschont geblieben sind! Die Ausstiege aus der Zuckermarktordnung oder der Milch-Quotenregelung (2015) sind drastische Beispiele für die politisch gewollten Anpassungszwänge.

Bei Planungsentscheidungen hat man oft mehrere Optionen. Als Unternehmer entscheidet man aber nicht nur nach ökonomischen Gesichtspunkten, sondern oft nach den Risiken der mit der Kaufentscheidung verbundenen Konsequenzen. Wenn ein spezialisierter Schweinemäster derzeit in die Biogas-Technologie einsteigt, sind die Risiken der Strom-Einspeisevergütung relativ gering. Verdoppelt er dagegen seinen Tierbestand und macht aus Hygiene-Gründen Rein-Raus-Belegung im gesamten Bestand, sind die Risiken starker Preisschwankungen sehr hoch zu bewerten.

„Contracting“ ist daher in vielen beruflichen Arbeitskreisen zu einem großen Thema geworden, um die Preisschwankungen der globalen Märkte abzufedern. Ein Milcherzeuger kann etwa 500.000 kg Milch vertraglich zu einem Festpreis an eine Molkerei verkaufen, um die Abhängigkeit von den aktuellen Tagespreisen zu vermindern.

Tierställe sind teure Investitionsgüter und werden üblicherweise auf 20 Jahre abgeschrieben; Stall-Technik auf zehn Jahre. Lange Abschreibungszeiträume bedeuten für landwirtschaftliche Spezialgebäude eine hohe Kapitalbindung in den Betriebszweig. Baut man eine freitragende Halle als Kuhstall, kann man dort auch andere Tierarten halten oder Lager- und Verarbeitungsräume einrichten. Aber auch kleinere Entscheidungen können Produktionsrisiken mindern. Durch gemeinsame Maschinennutzung oder den Zukauf von Dienstleistungen

tween the water which leaves the boiler and the water which flows back into it.

Dealing with risks

The markets for agricultural products have been changing drastically for several years. Liberalization and globalization have far-reaching consequences for the development of agricultural operations. European farmers must learn to deal with heavy price fluctuations on the world market for many agricultural products. This is very difficult for milk producers after they have been largely spared this experience due to government protectionism in the past 30 years. The end of the sugar market regime or the milk quota regulation (2015) are drastic examples of politically intended adaptation constraints.

When making planning decisions, one often has several options. As an entrepreneur, however, one not only decides based on economic aspects, but also frequently on the basis of the risks involved in the consequences of the purchasing decision. If a specialized pig fattener decides to use biogas technology now, the risks of electricity input payments are relatively small. If, however, he doubles his herd size and uses all-in all-out management in his entire herd, the risk of large price fluctuations must be considered very high.

Therefore, “contracting” has become an important topic in many professional working groups in order to compensate for the price fluctuations on the global markets. A milk producer can sell 500,000 kg of milk to a dairy at a fixed contracted price, for example, in order to reduce dependence on current daily prices.

Animal houses are expensive investment goods and are usually written off over a period of 20 years, whereas the depreciation period for animal house equipment is 10 years. Long depreciation periods for special farm buildings mean large capital binding in this branch of business. If one builds a self-supporting hall as a cow barn, one can also keep other animal species there or use the space for storage and processing. However, smaller decisions can also reduce production risks. Co-operative machinery use or the purchase of services allow the capital risks of individual mechanization to be reduced significantly. It will be an important success factor for future-oriented farms to adapt to new market requirements quickly and early on.

However, livestock farming is also subject to a constant process of change from the interior. The annual performance of the animals, for example, is currently growing by an average of 5% due to biological-technical and

können die Kapitalrisiken einer Eigenmechanisierung deutlich gesenkt werden. Ein wichtiger Erfolgsfaktor für Zukunftsbetriebe wird es sein, sich frühzeitig und schnell an neue Markterfordernisse anzupassen. Aber auch von innen unterliegt die Tierhaltung einem ständigen Veränderungsprozess. So steigt derzeit die jährliche Leistung der Tiere durch biologisch-technischen und organisatorischen Fortschritt um durchschnittlich 5 %. Deshalb sind aktuelle Planungsdaten (KTBL-Faustzahlen) und mit der Agrarverwaltung abgestimmte Beratungsempfehlungen (BFL-Baubriefe) wichtige Voraussetzungen für eine sachgerechte Entscheidung. Den Landwirten ist sehr wohl bewusst, dass sie das unternehmerische Risiko ihrer Entscheidungen selbst tragen müssen. Ein hohes Maß an Anpassungsbereitschaft und Flexibilität wird den erfolgreichen Landwirt der Zukunft kennzeichnen!

organizational progress. For this reason, current planning data (KTBL calculation figures) and counselling recommendations given in cooperation with the agricultural administration (BFL construction guides) are important prerequisites for proper decisions. Farmers are well aware that they must bear the entrepreneurial risk of their decisions themselves. The successful farmer of the future will be characterized by a large amount of adaptability and flexibility.

Literatur / Bibliography

- [1] -,.: 9. Internationale Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Berlin, 2009. KTBL, Darmstadt, 2009, ISBN 978-3-9941583-27-6
- [2] *Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG (2009)*: Gesetz zur Neuordnung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften – amtliche Fassung vom 25. Oktober 2008 –, veröffentlicht im Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil I Nr. 49, ausgegeben zu Bonn am 31. Oktober 2008, S. 2074
- [3] -,.: Deutscher Bauernverband: Situationsbericht 2010 – Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Rheinbach, 2009, ISBN 978-3-9812770-1-2
- [4] -,.: Landtechnik-Vorworte der Jahre 2008 / 2009. KTBL, Darmstadt
- [5] *BMELV*: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2009, Wirtschaftsverlag, Bremerhaven, 2009, ISBN 978-3-86509-885-6
- [6] *KTBL*: Faustzahlen für die Landwirtschaft. KTBL, Darmstadt, 2009, ISBN 978-3-939371-91-5
- [7] *BFL*: Baubrief 45: „Sauenhaltung und Ferkelaufzucht“, Landwirtschaftsverlag, Münster, 2005, ISBN 3-7843-3359-1
- [8] *BFL*: Baubrief 47: „Energieeinsatz in der Tierhaltung“, Landwirtschaftsverlag, Münster, 2009, ISBN 978-3-7843-3410-3
- [9] -,.: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. 3. Auflage, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow, 2006, ISBN 3-00-014333-5
- [10] -,.: Verkaufszahlen von landwirtschaftlichen Maschinen und Anlagen in der BRD. VDMA, Frankfurt/M., 2009
- [11] *Jungbluth, T., M. Krause und W. Büscher*: Technik Tierhaltung. UTB 2641, Verlag Ulmer, Stuttgart, 2005

1 Allgemeine Entwicklung

General Development

1.1 Landbewirtschaftung und Klimawandel

Agriculture and Climate Change

A. Heißenhuber und Monika Zehetmeier, Freising-Weihenstephan

Die Landwirtschaft nimmt bei der Diskussion um Verursachung, Auswirkungen und Minderung des Klimawandels eine Sonderstellung ein. Einerseits gehört die Landwirtschaft zu den Produzenten klimaschädlicher Treibhausgase, andererseits wird die landwirtschaftliche Produktion, wie kein anderer Bereich, von den prognostizierten klimatischen Bedingungen betroffen sein. Die Landwirtschaft ist aber nicht nur Verursacher und Betroffener des Klimawandels, sie kann auch einen Beitrag zur Minderung des Klimawandels leisten. Der Landwirtschaft kommt somit, etwas überspitzt formuliert, eine dreifache Rolle als Verursacher, Betroffener und Beschützer im Bereich Klimawandel zu.

Die Landwirtschaft in der Verursacherrolle

In der landwirtschaftlichen Produktion wird im Pflanzenbau Kohlenstoffdioxid (CO_2) gespeichert. Bei der anschließenden Verwertung als Nahrungsmittel durch den Menschen oder als Futtermittel durch die Tiere wird das CO_2 wieder freigesetzt. Demzufolge handelt es sich um eine Kreislaufwirtschaft. Dennoch ist dieser Vorgang nicht CO_2 -neutral, weil mit der Erzeugung von pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln auch die Emission klimawirksamer Gase verbunden ist. Das wird unter anderem durch den Energieinput beispielsweise in Form von Treibstoffen oder Düngemitteln verursacht. Die Herstellung des Mineraldüngers erfordert einen relativ hohen Energieaufwand (für 1 kg Stickstoff ist rund 1 Liter Öl-Äquivalent erforderlich) [1]. Demzufolge verursacht allein der Energieeinsatz zur Herstellung von einem Kilogramm Stickstoff eine CO_2 -Emission von etwa 2,5 kg. Eine weitergehende Emission klimawirksamer Gase erfolgt in Form von Lachgas (N_2O), das im Boden aus dem dort vorhandenen Stickstoff, unabhängig davon ob mineralischer oder organischer Herkunft, entsteht. Im IPPC-Bericht 2006 [2] wird angenommen, dass die jährliche N_2O -Emission 1 % des Stickstoffeintrags in den Boden beträgt. Die N_2O -Emissionen sind speziell bei der Beurteilung von nachwachsenden Rohstoffen bezüglich ihres Beitrages zum Klimaschutz von größter Bedeutung, weil bereits geringe Mengen an N_2O durch den

Agriculture has a special position in the discussion about the causes, effects, and reduction of climate change. On the one hand, agriculture counts among the producers of greenhouse gases, which are harmful for the climate. On the other hand, agricultural production will be affected by the predicted climatic conditions like no other area. However, agriculture not only causes climate change and is affected by it, but it can also contribute to the reduction of climate change. To use a slightly exaggerated formulation, agriculture has a triple role as a sector which causes climate change, is affected by it, and acts as a protector.

Agriculture as a causing factor

Carbon dioxide (CO_2) is stored during agricultural production in arable farming. When agricultural products are later used as food by man or as feedstuff by animals, the CO_2 is released again. Therefore, this is a cycle. Nevertheless, this process is not CO_2 -neutral because the production of vegetable and animal-based food also causes the emission of gases which influence the climate. One of the reasons for this influence is energy input in the form of fuel or fertilizer, for example. The production of mineral fertilizer requires relatively much energy. (1 litre of oil equivalent is needed for 1 kg of nitrogen.) Therefore, energy consumption for the production of one kilogram of nitrogen alone causes a CO_2 emission of approximately 2.5 kg. In addition, climate-effective gases are emitted in the form of laughing gas (N_2O), which is generated in the soil based on the nitrogen available there regardless of whether it is of mineral or organic origin. The IPPC report 2006 [2] assumes that annual N_2O emission amounts to 1% of the nitrogen input into the soil. N_2O emissions are highly important especially for the evaluation of renewable raw materials with regard to their contribution to climate protection because even very small quantities of N_2O have a great effect on the climate due to the very high equivalence factor of approximately 310 as compared with CO_2 . Finally, the utilization of feedstuff by ruminants is also not climate-

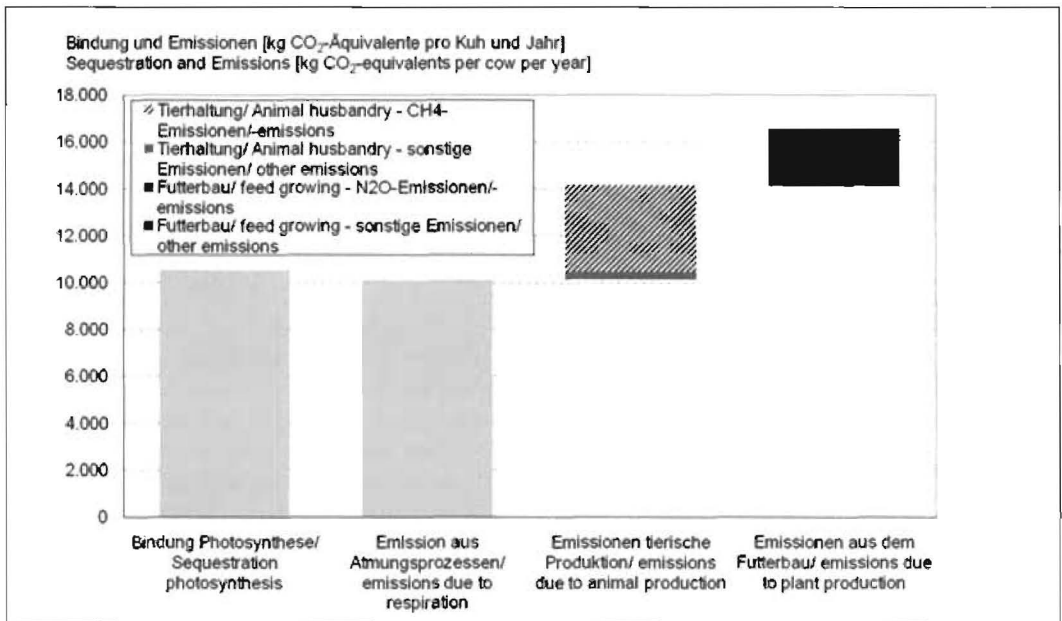


Bild 1: Bindung und Emission von Treibhausgasen am Beispiel einer Milchkuh der Leistungsklasse 8.000 kg [2 bis 3]
Fig. 1: Sequestration and emissions of greenhouse gases – using the example of a dairy cow yielding 8,000 kg of milk per year [2 to 3]

sehr hohen Äquivalenzfaktor von etwa 310 im Vergleich zu CO₂ eine große Klimawirksamkeit aufweisen. Schließlich erfolgt auch die Nutzung von Futtermitteln über den Wiederkäuer nicht klimaneutral. Hier ist in erster Linie das Methan (CH₄) zu nennen. Die CH₄-Emission schlägt mit einem Äquivalenzfaktor von rund 21 zu Buche. Die jährlichen CH₄-Emissionen einer Milchkuh betragen rund 120 kg, das entspricht einer Äquivalenzemission von 2.520 kg CO₂. **Bild 1** gibt einen Überblick über die Bindung und Emission von CO₂ sowie die N₂O- und CH₄-Emissionen der Milchproduktion am Beispiel einer Milchkuh der Leistungsklasse 8.000 kg. Der bei der Futterbereitstellung gebundene Kohlenstoff wird nahezu vollständig durch Atmungsprozesse wieder in die Atmosphäre freigesetzt. Die zusätzlichen jährlichen Emissionen, welche im Bereich der Milchviehhaltung anfallen, betragen etwa 6.400 kg CO₂-Äquivalente pro Kuh. Diese setzen sich vorrangig aus folgenden Emissionsquellen zusammen: CO₂ durch den Energieeinsatz, N₂O aus den Böden des Futterbaus sowie der Güllelagerung, CH₄-Emissionen der tierischen Verdauung und Güllelagerung.

Die Landwirtschaft in der Betroffenenrolle

Zu den prognostizierten Folgen des Klimawandels in Deutschland gehören eine Zunahme von Niederschlä-

neutral. Here, methane (CH₄) must be mentioned first. CH₄ emissions have an equivalence factor of about 21. The annual CH₄ emissions of a dairy cow amount to approximately 120 kg, which is the equivalent of the emission of 2,520 kg of CO₂. **Figure 1** provides an overview of the sequestration and emission of CO₂ as well as the N₂O and CH₄ emissions of milk production using a dairy cow of the 8,000 kg performance class as an example. Due to respiration processes, the carbon sequestered during feedstuff production is almost completely released into the atmosphere. The additional annual emissions in dairy cattle husbandry amount to approximately 6,400 kg of CO₂ equivalent per cow. These emissions primarily come from the following emission sources: CO₂ from energy consumption, N₂O from the soil used for forage production as well as slurry storage, and CH₄ emissions from animal digestion and slurry storage.

Agriculture as a sector affected by climate change

The predicted consequences of climate change in Germany include larger quantities of precipitation in the

gen im Winter sowie eine Abnahme der Niederschläge im Sommer mit oft ungünstigen Verteilungen und Starkregenereignissen. Zusätzlich ist mit einer Zunahme extremer Wetterereignisse zu rechnen. Verschiedene Prognosen zeigen auch eine Zunahme der Temperaturen, die sich je nach Standort positiv oder aber auch negativ auf die landwirtschaftliche Produktion auswirken werden. Weiterhin gilt es zu bedenken, dass Negativeffekte für die landwirtschaftliche Produktion nicht nur direkt durch veränderte Temperaturen und Niederschläge auftreten können, sondern auch indirekt, wenn diese zu einem erhöhten Schädlings- und Krankheitsdruck führen. Positiv soll sich schließlich die höhere CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre auf das Pflanzenwachstum aufgrund des damit verbundenen CO_2 -Düngeeffekts auswirken. Die prognostizierten klimatischen Veränderungen werden sich jedoch nicht nur auf das mittlere Ertragspotenzial auswirken, sondern insbesondere auf die Ertragsvarianz. Es ist damit zu rechnen, dass die Ertragsunsicherheit durch zunehmende Wetterextreme in Abhängigkeit von den Standortvoraussetzungen zunehmen wird. Im globalen Maßstab führt diese erhöhte Varianz auf der Angebotsseite schließlich auch zu einer erhöhten Preisunsicherheit. Insgesamt gesehen ist die Landwirtschaft also in Zukunft mit einem weitaus größeren Produktions- sowie Marktrisiko konfrontiert. Aus ökonomischer Sicht kann dies speziell bei Betrieben mit angespannter Liquiditätsslage zu Problemen führen. Die Herausforderung für die Zukunft besteht darin, für die stark vom Klimawandel betroffenen Standorte adäquate Anpassungsstrategien zu entwickeln, um die Veränderungen meistern zu können. Neben möglichen Anpassungen des Produktionsmanagements (zum Beispiel wassersparende Bodenbearbeitungssysteme) werden versicherungstechnische und versicherungsähnliche Lösungen sowie züchterische Fortschritte benötigt werden. Speziell bezüglich des Produktionsrisikos und der damit verbundenen höheren Eintrittswahrscheinlichkeiten von Mindererträgen stellen Maßnahmen zur Mengenabsicherung, wie etwa Ertragsversicherungen, eine Option dar. In der aktuellen Diskussion befinden sich auch Wetterderivate zur Mengenabsicherung [4], die derzeit jedoch noch nicht für den landwirtschaftlichen Bereich in Deutschland kommerziell zur Verfügung stehen.

Die Landwirtschaft in der Beschützerrolle

Einen Gesamtüberblick über die von der Landwirtschaft und von der Landnutzung ausgehenden Emissionen gibt **Bild 2**. Die gesamten Emissionen aus dem Agrarsektor und dem vorgelagerten Bereich belaufen sich

winter und a reduction of precipitation in the summer with often unfavourable distribution and heavy rain. In addition, a growing number of extreme weather phenomena must be expected. Different prognoses also predict temperature increase, which will have a positive or negative influence on agricultural production depending on the location. In addition, one must consider that negative effects on agricultural production may not only occur directly as a result of changed temperatures and precipitation, but also indirectly if these changes lead to greater pest and disease pressure. Finally, the higher CO_2 concentration in the atmosphere should have a positive influence on plant growth due to the resulting CO_2 fertilizing effect. However, the predicted climate change will not only influence average yield potential, but in particular also yield variance. One must expect that yield insecurity due to increasing extreme weather phenomena will grow depending on the locational conditions. At the global level, this greater variance ultimately also leads to greater price insecurity on the supply side. Altogether, agriculture will be confronted with a far greater production and market risk in the future. From an economic viewpoint, this can lead to problems especially for farms in a tight liquidity situation.

The challenge for the future will be the development of adequate adaptation strategies for locations heavily affected by climate change in order to be able to master the changes. In addition to potential adaptation of production management (e.g. water-saving tillage systems), insurance-technical and insurance-like solutions as well as progress in breeding will be required. Especially with regard to the production risk and the resulting greater probability of reduced yield, measures of quantity protection, such as yield insurance, are an option. Weather derivatives for quantity protection [4] are currently being discussed. At present, however, they are not yet commercially available for the agricultural sector in Germany.

Agriculture as a protector

Figure 2 provides a comprehensive overview of the emissions generated by agriculture and land use. Total emissions from the agricultural sector and associated industries amount to approximately 154 million tonnes of CO_2 equivalent [5]. Figure 2 shows that the reduction of emissions from organic soils contains great savings potential. This potential can be realized by rewetting peatland. In this case, agriculture contributes to a reduction of climatic pollution.

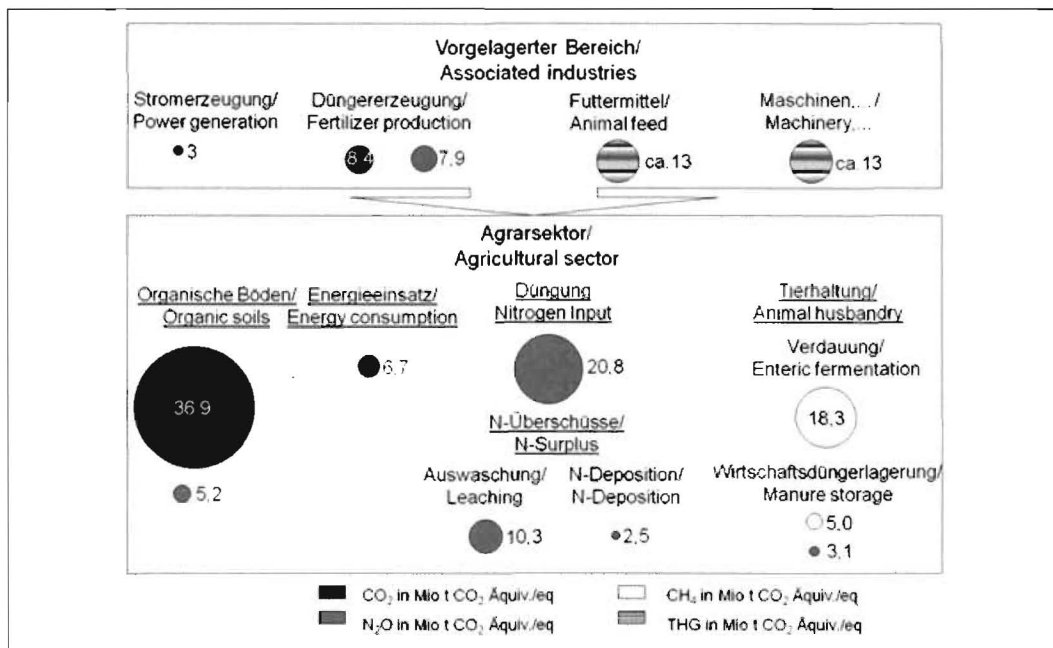


Bild 2: Treibhausgasemissionen des Agrarsektors und vorgelagerter Bereich im Jahr 2005 in der BRD [5]

Fig. 2: Greenhouse gas emissions from the agricultural sector and associated industries in Germany 2005 [5]

auf etwa 154 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente [5]. Anhand **Bild 2** wird deutlich, dass großes Einsparpotenzial in der Verminderung der Emissionen aus den organischen Böden besteht. Dies kann durch Wiedervernässung von Moorböden erreicht werden. In diesem Falle trägt dann die Landwirtschaft zu einer Verringerung der Klimabelastung bei.

Landwirtschaft und Klimaschutz über den Boden als Kohlenstoffsink

Der Boden stellt eine Kohlenstoffsink dar. Dabei ergeben sich Unterschiede im Kohlenstoffgehalt in Abhängigkeit von der Bodenart und von der Bodennutzung. Die weitaus höchsten Kohlenstoffgehalte weisen Moorböden auf, da Moore unter ungestörten Bedingungen die einzigen Ökosystemtypen sind, die kontinuierlich und dauerhaft Kohlenstoff in signifikanten Mengen aufnehmen können. Der Einfluss der Nutzung wird gerade hier besonders deutlich. Die in der Vergangenheit weit verbreitete Entwässerung der Moore diente zur Gewinnung landwirtschaftlich nutzbarer Flächen als Grünland oder als Ackerland. Die Absenkung des Grundwasserflurabstandes mit dem Ziel landwirtschaftlicher Nutzung hat jedoch den aeroben Abbau des Torfs zur Folge. Die-

Agriculture and climate protection with the soil as a carbon sink

Soil is a carbon sink. Differences in the carbon content depend on the kind of soil and land use. Peatland has by far the highest carbon contents because marshes are the only types of ecosystem which can absorb carbon permanently and in significant quantities under undisturbed conditions. Here, the influence of land use becomes particularly clear. In the past, marshes were drained frequently in order to gain agricultural areas in the form of grassland or arable land. However, the lowering of the groundwater-surface distance for agricultural land use leads to aerobic peat decomposition. This decomposition causes the release of nitrogen, which results in nitrate pollution of the groundwater. Moreover, marshes lose their CO₂ sink function, and the greenhouse gases CO₂ and N₂O are emitted. In general, the agricultural use of marshes thus has a negative influence on the greenhouse gas balance and leads to a consumption of the peat body. As compared with field use, grassland use allows 1 to 2 t of CO₂-C equivalent per hectare and year to be saved. [6]. This is exactly the point where the conflict between climate protection and marsh use begins. Within agricultural production techniques, raising the water levels in com-

ser Abbau bedingt eine Freisetzung von Stickstoff, die in einer Belastung des Grundwassers mit Nitrat resultiert. Des Weiteren geht die CO_2 -Senkenfunktion der Moore verloren und die Treibhausgase CO_2 und N_2O werden emittiert. Im Allgemeinen wirkt sich die landwirtschaftliche Nutzung der Moore somit negativ auf die Treibhausbilanz aus und bedingt den Verzehr des Torfkörpers. Durch Grünlandnutzung können 1 bis 2 t CO_2 -C-Äquivalente pro ha und Jahr gegenüber Ackernutzung eingespart werden [6]. Genau hier entsteht der Konflikt zwischen Klimaschutz und Moornutzung. Innerhalb der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren scheint eine Anhebung der Wasserstände in Verbindung mit einer extensiven Grünlandnutzung den Anforderungen an eine klimaschonende Moorbewirtschaftung offensichtlich am ehesten zu entsprechen. Demgegenüber stellt eine starke Absenkung des Grundwasserspiegels in Verbindung mit einer intensiven Ackernutzung bezüglich des Klimaschutzes die ungünstigste Version dar. Gerade umgekehrt verhält es sich mit der wirtschaftlichen Einstufung der Produktionsverfahren.

Die vom Landwirt erreichte Anreicherung des Kohlenstoffgehaltes im Boden könnte als Beitrag der Landwirtschaft zum Klimaschutz gewertet werden. Dabei ist zu diskutieren, unter welchen Umständen dieser Vorgang gesondert honoriert wird.

Bioenergie als Beitrag zur CO_2 -Minderung

Die Nutzung von Bioenergie anstelle von fossilen Energieträgern hat zum Ziel, einen Beitrag zur Einsparung fossiler Rohstoffe zu leisten. Von der Biomasse wird während des Wachstums CO_2 aufgenommen, welches bei der Verwendung, sei es als Nahrungs- oder als Futtermittel als auch als Energieträger, wieder an die Atmosphäre abgegeben wird. Daher trägt die Nutzung von Bioenergie anstelle von fossilen Energieträgern auch zur Minderung der CO_2 -Emission bei. Inwieweit es sinnvoll ist, die Bioenergie als Ersatz für fossile Energieträger einzusetzen, hängt aber letztlich von den sogenannten CO_2 -Minderungskosten ab, also von den Kosten, die anfallen, um eine Tonne CO_2 weniger in die Atmosphäre abzugeben. Einige Energielinien verursachen enorm hohe Kosten, deshalb werden sie aus volkswirtschaftlicher Sicht keine größere Bedeutung erlangen. Es gibt andere Möglichkeiten des Klimaschutzes, die deutlich geringere Kosten verursachen.

In der Literatur finden sich Aussagen, welche den Einsatz von Bioenergie sehr kritisch sehen. Dabei sind folgende zwei Gründe zu nennen: die Konkurrenz der Bioenergie zu den Nahrungsmitteln sowie die mit der Produktion von Bioenergie verbundene Emission klima-

tion mit extensiver Grünlandnutzung offensichtlich scheint die Anforderungen an den Klimaschutz am besten zu erfüllen. Eine erhebliche Absenkung des Grundwasserstandes in Kombination mit intensiver Feldnutzung, jedoch, ist die ungünstigste Variante hinsichtlich des Klimaschutzes. Eine ökonomische Bewertung der Produktionstechniken führt zu dem gegenteiligen Ergebnis.

Carbon enrichment in the soil by the farmer could be considered a contribution of agriculture to climate protection. It would have to be discussed under which circumstances this process would be honoured separately.

Bioenergy as a contribution to CO_2 reduction

The use of bioenergy instead of fossil energy carriers is aimed at making a contribution to the conservation of fossil raw materials. During growth, biomass absorbs CO_2 , which is released into the atmosphere when the biomass is used as food, forage, or an energy carrier. Therefore, the use of bioenergy instead of fossil energy carriers also contributes to a reduction of CO_2 emission. To what extent it is appropriate to use bioenergy as a replacement of fossil energy carriers ultimately depends on the so-called CO_2 reduction costs, i.e. the expenses which are necessary in order to release one tonne of CO_2 less into the atmosphere. Since some energy lines cause enormously high expenses, they will not reach any greater importance from an economic viewpoint. There are other options of climate protection which cause considerably lower expenses.

Some statements in the literature view the use of bioenergy very critically. Two reasons must be mentioned for this criticism: competition of bioenergy with food as well as the emission of climate-effective gases, such as N_2O , which alter the positive effect of bioenergy on the climate significantly. Bioenergy production will be considered less as a competitor of food production if more biogenous residues are utilized and more areas are used which are not or less suitable for food production.

wirksamer Gase wie beispielsweise N_2O , welche die klimaentlastende Wirkung der Bioenergie deutlich verändern. Die Bioenergieproduktion wird dann weniger als Konkurrenz zur Nahrungsproduktion einzustufen sein, je mehr biogene Reststoffe Verwendung finden und je mehr Flächen verwendet werden, die sich nicht oder weniger gut zur Nahrungsproduktion eignen.

Literatur / Bibliography

- [1] Küster, J.: Energieverbrauch in der Düngemittelproduktion. In: Bundesarbeitskreis Düngung: Rohstoffverfügbarkeit für Mineraldünger – Perspektiven unter hohen Energiekosten und begrenzten Ressourcen, Frankfurt am Main, 2007, S. 73-78
- [2] IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change: 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Vol. 4, Agriculture, Forestry and other Land Use. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf
- [3] Dämmgen, U., et al.: Improved national calculation procedures to assess energy requirements, nitrogen and VS excretions of dairy cows in the German emission model GAS-EM. Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research 59 (2009), H. 3, S. 233-252
- [4] Berg, E., et al.: Wetterderivate: Ein Instrument im Risikomanagement für die Landwirtschaft. Agrarwirtschaft 54 (2005), H. 2, S. 158-170
- [5] Osterburg, B., et al.: Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors. vTI Braunschweig 2009. http://www.vti.bund.de/fallitdok_extern/bitv/dko41942.pdf
- [6] Byrne, K. A., et al.: EU peatlands: Current carbon stocks and trace gas fluxes. CarboEurope-GHG Concerted Action – Synthesis of the European Greenhouse Gas Budget, Report 4/2004, Specific Study, Tipo-Lito Recchioni, Viterbo, Oktober 2004, ISSN 1723-2236

1.2 Landtechnikmarkt (Innenwirtschaft)

The Agricultural Machinery Market (Livestock Farming)

H. Lütke Laxen, Münster

Der Markt der Landtechnik-Innenwirtschaft ist überwiegend durch Produkte mit mittel- bis langfristigen Produktlebenszyklen gekennzeichnet. Landwirtschaftliche Stallgebäude und Anlagen zur Futter- und Reststofflagerung werden teilweise über mehrere Jahrzehnte zur Ertragserzielung eingesetzt. Im Gegensatz zu Landmaschinen sind häufig deutlich umfangreichere Investitionsmittel notwendig, die mittel- und langfristigen Abschreibungen unterliegen. Dies sichert Herstellern von Stallanlagen, landwirtschaftlichen Gebäuden, Stalleinrichtern und Komponenten Anbietern sowie Biogasanlagenherstellern einen relativ konstanten Markt für ihre Produkte, der von starken Schwankungen zumeist verschont bleibt.

Offizielle Verkaufsstatistiken wie etwa Traktorzulassungszahlen sind für den Markt der Landtechnik-Innenwirtschaft nicht verfügbar. Um Herstellern und Handel einen umfassenden Marktüberblick bieten zu können, wären Umfragen zu Verkaufszahlen notwendig. Um einen Einblick in den Markt geben zu können, werden nachfolgend Zusammenhänge zwischen der allgemeinen Entwicklung der Landwirtschaft mit den Ergebnissen aus Interviews einzelner BFL-Mitgliedsunternehmen und mit Praxiserfahrungen der Officialberatung abgeglichen und beschrieben.

Volatile Märkte und Gesetzesänderungen beeinflussen den landwirtschaftlichen Erzeugermarkt und die Investitionsfreudigkeit der Landwirte und Tierhalter. Landtechnikhersteller müssen dies aufmerksam beobachten und mit Anpassungen des Produktangebotes und Innovationen reagieren. Neben Verkaufsstatistiken einzelner Hersteller bieten leider nur wenig statistisch abgesicherte Daten eine Hilfestellung.

Als Indikator für Investitionen in der Landtechnik-Innenwirtschaft kann eine Erhebung des Statistischen Bundesamtes (www.destatis.de) über die erteilten Baugenehmigungen im Hochbau für landwirtschaftliche Betriebsgebäude herangezogen werden. Diese unterscheidet allerdings nicht in Bezug auf die wirtschaftliche Nutzung (Biogas, Stall- und Lagergebäude oder technische Anlagen). Differenziert wird zwischen Genehmigungen für die Errichtung neuer Gebäude und Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden einschließlich

The market for agricultural machinery in livestock farming is primarily marked by products having medium to long-term product life cycles. Some livestock buildings and plants for feedstuff and residue storage are used for several decades in order to provide yields. In contrast to agricultural machinery, they often require considerably greater investments, which are subject to medium and long-term depreciation. This guarantees the manufacturers of animal houses and agricultural buildings as well as manufacturers of animal house equipment and components as well as biogas plants a relatively constant market for their products, which is generally not affected by heavy fluctuations.

Official sales statistics, such as tractor registration figures, are not available for the agricultural machinery market in the livestock farming sector. Surveys on sales figures would be necessary in order to be able to offer manufacturers and commerce a comprehensive overview of the market. In order to provide an insight into the market, the general development of agriculture and the results of interviews of individual BFL member companies as well as practical experiences from official counselling will be compared and described below.

Volatile markets and the revision of laws influence the agricultural producer market and the readiness of farmers and animal keepers to invest. Agricultural machinery manufacturers must observe this development carefully and react by adapting their product range and presenting innovations. Except for the sales statistics of individual manufacturers, only some helpful data are available, whose statistical basis is not well secured.

A statistical survey of the construction permits for farm building projects carried out by the Federal Statistical Office (<http://www.destatis.de>) can be used as an indicator of investments in machinery for livestock farming. However, this survey does not make a distinction with regard to the kind of use (biogas, animal house and storage building, or technical plants). The survey differentiates between permits for the construction of new buildings and construction measures in existing buildings including apartments. The apartments built were listed separately and have been deducted in the figures shown below. The assumption

Viehbestände und Haltungen 2008-2009	2008		2009		(2010)	Veränderungen 2008-2009			
	Tiere	Haltungen	Tiere	Haltungen	Haltungen	Tiere	in %	Haltungen	in %
Rinder (gesamt)	12.969.674	188.827	12.944.903	183.001	176.369	-24.771	-0,2%	-5.826	-3,1%
Milchkühe	4.217.711	100.993	4.205.493	97.431	93.497	-12.218	-0,3%	-3.562	-3,5%
Schweine (gesamt)	26.718.600	72.800	26.841.000	67.300	33.500 ⁽²⁾	122.400	0,5%	-5.500	-7,6%
Mastschweine	11.181.000	57.100	11.353.400	0 ⁽¹⁾	28.100 ⁽²⁾	172.400	1,5%		
Zuchtschweine	2.296.400	25.700	2.265.400	22.800	16.000 ⁽²⁾	-31.000	-1,3%	-2.900	-11,3%

Quelle: Statistisches Bundesamt Wiesbaden (GENESIS-Online Datenbank)

Tafel 1: Viehbestand und haltende Betriebe in den Jahren 2008 und 2009

Table 1: Number of animals and livestock farms in the years 2008 and 2009

Anmerkungen/Remarks:

(1) Die Anzahl der Haltungen für Mastschweine wurde durch die Stichprobe 2009 nicht erfasst/The number of livestock farms keeping fattening pigs was not recorded in the 2009 survey.

(2) Ab 2010 wurde die Erhebungsmethode bei Schweinen verändert. Erhoben werden nur noch die Werte mit mehr als 50 Schweinen je Haltung./As of 2010, the survey method applied for pigs was changed. Only values concerning more than 60 pigs per farm were considered.

Wohnungen. Die erstellten Wohnungen werden gesondert ausgewiesen und sind bei den folgenden Zahlen in Abzug gebracht worden. Dabei wurde unterstellt, dass je Bauvorhaben nur eine Wohnung zugeordnet wird.

Im Jahr 2009 wurden in Deutschland insgesamt 8.761 Baugenehmigungen [1] für die Errichtung neuer landwirtschaftlicher Betriebsgebäude erteilt. Im Vergleich zum Vorjahr 2008 mit 8.822 Genehmigungen ergibt sich ein Rückgang um -0,69 %. Die Anzahl der Baugenehmigungen für Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden beläuft sich im Jahr 2009 auf 1.802 Genehmigungen. Der Rückgang gegenüber dem Vorjahr 2008 fällt hier mit -10,03 % deutlich stärker aus.

Aus dem sehr moderaten Rückgang bei neu errichteten landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden lässt sich ableiten, dass 2009 Neuinvestitionen kaum eingeschränkt wurden. Der Rückgang bei Baugenehmigungen an bestehenden Gebäuden lässt vermuten, dass unter den schwierigen Marktbedingungen 2009 Landwirte ihre Investitionen (genehmigungspflichtige Umnutzung und Modernisierung) häufiger zurückgestellt haben und zunächst den weiteren Konjunkturverlauf beobachteten. Diese Einschätzung deckt sich auch mit Aussagen der Wirtschaft.

Als weitere Indikatoren für die Marktentwicklung dienen die Ergebnisse des Statistischen Bundesamtes (Destatis) zur Viehbestandserhebung.

was that only one apartment was built per construction project.

In 2009, a total of 8,761 permits [1] for the construction of new farm buildings were granted in Germany. As compared to the previous year 2008 (8,822 permits), this was a reduction by -0.69%. The number of permits for construction measures in existing buildings amounts to 1,802 in the year 2009. Given a decrease of -10.03%, the reduction as compared to the previous year 2008 was considerably more significant.

The very moderate decrease in the number of newly constructed farm buildings allows the conclusion to be drawn that new investments were virtually not restricted in 2009. Given this reduction of construction permits for existing buildings, one can assume that farmers more often postponed their investments (conversion measures requiring permission and modernization) under the difficult market conditions in 2009 in order to observe the future economic development. This evaluation is identical with statements from the economy.

Other indicators of market development are the livestock statistics of the Federal Statistical Office (Destatis).

On 3rd November 2009, 12.9 million heads of cattle were kept in Germany. As compared to the previous year, the number of cattle dropped by more than 24,000 animals (-0.2%). The number of dairy cows de-

Zum Stichtag 3. November 2009 gab es in Deutschland rund 12,9 Millionen Rinder. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Rinderbestand um über 24.000 Tiere (-0,2 %) gesunken. Der Milchkuhbestand ist dabei um 0,3 % auf rund 4,2 Millionen Tiere zurückgegangen. Die wirtschaftliche Lage der Milcherzeuger spiegelt sich auch in der Zahl der Milchkuhhalter wider: Seit November 2008 haben rund 3.562 Betriebe die Milchviehhaltung aufgegeben (-3,5 %).

Einen anderen Verlauf zeigt die Schweinehaltung. Bis zum November 2009 gab es in Deutschland rund 26,8 Millionen Schweine. Im Vorjahresvergleich ist damit die Zahl der Schweine um 0,5 % oder 122.400 Tiere gestiegen.

Einen hohen Einfluss auf die Zunahme des Schweinebestands hatte das Ansteigen der Zahl der Mastschweine bei gleichzeitiger Abnahme der Zuchtschweine. Im Vergleich zum Jahr 2008 stieg der Mastschweinebestand um rund 172.400 auf 11,35 Millionen Tiere an (+1,5 %). Die Zahl der Zuchtschweine hat sich in diesem Zeitraum um rund 31.000 auf 2,26 Millionen Tiere reduziert (-1,3 %).

Die Sauenhaltung und damit einhergehende Ferkelproduktion hatte in den vergangenen Jahren schon deutlichere Rückgänge bis in den zweistelligen Prozentbereich zu verzeichnen. Die angegebenen Gründe für eine Produktionsaufgabe der Sauenhalter liegen unter anderem in:

1. Unzureichenden Deckungsbeiträgen durch stark schwankende und tendenziell niedrige Erzeugerpreise für Ferkel
2. Die Einführung der verpflichtenden Gruppenhaltung tragender Sauen, deren Umsetzung mit umfangreichen Zusatzinvestitionen verbunden wäre
3. Schwierige Wachstumsmöglichkeiten für kleine Betriebe

Die Stagnation der Zuchtschweine scheint gestoppt und lässt eine Trendwende erwarten. Dafür spricht auch das sich nähernde Ende der Übergangsfrist zur Gruppenhaltung tragender Sauen zum 1. Januar 2013, worauf sich viele Betriebe noch einstellen. In vielen Bundesländern haben Sauenhalter bisher noch nicht auf die Gruppenhaltung umgestellt. Nach Schätzungen liegt deren Anteil zwischen 30 und 50 %. Bisher erfolgreiche Sauenhalter mit Bestandsgrößen um 300 Tiere werden ins „geschlossene System“ wechseln. Zudem zeichnet sich ein deutlicher Trend zu größeren Einheiten im Bereich der Zucht- und Mastschweineställe ab. Aktuelle Genehmigungsverfahren in Zusammenhang mit Bauanträgen zeigen laut Officialberatung einen deutlichen Trend zu größeren Einheiten. Wachstums- und Kapazitätsgrenzen

creased by 0.3% to approximately 4.2 million animals. The economic situation of the milk producers is reflected by the number of dairy cow keepers. Since November 2008, approximately 3,562 farms have quit dairy cattle farming (-3.5%).

Pig husbandry shows a different development. In November 2009, about 26.8 million pigs were kept in Germany. As compared to the previous year, the number of pigs increased by 0.5% or 122,400 animals.

The increase in the number of pigs was significantly influenced by the growing number of fattening pigs, while the number of breeding pigs decreased at the same time. As compared to the year 2008, the number of fattening pigs grew by approximately 172,400 to 11.35 million animals (+1.5%). During this period, the number of breeding pigs decreased by approximately 31,000 to 2.26 million animals (-1.3%).

Sow husbandry and, hence, piglet production recorded even more pronounced reductions up to the two-digit percent range in the past years. Among others, the following reasons were indicated why sow keepers quit production:

1. Insufficient contribution margins due to heavily fluctuating and tendentially low producer prices for piglets
2. The introduction of mandatory group housing for pregnant sows, whose realization would require extensive additional investments
3. Difficult growth conditions for small farms.

The stagnation of the number of breeding pigs seems to have come to a halt, and a trend reversal can be expected. The approaching end of the transitional period for the changeover to group husbandry for pregnant sows by 1st January 2013, for which many farms are still preparing themselves, also speaks in favour of such a development. In many federal states, sow keepers have not yet switched to group housing. According to estimates, the share of these farmers ranges between 30 and 50%. Currently successful sow keepers with herd sizes of around 300 animals will switch to the “closed system”. In addition, a clear trend towards larger units in breeding and fattening pig housing is announcing itself. According to official counselling institutions, current permit procedures after applications for construction permits are showing a clear trend towards larger units. Outside workers, who are needed when a threshold of approximately 3,000 fattening places per worker is reached, often set growth and capacity limits.

This is confirmed by the livestock statistics. The trend towards smaller, though larger farms, which has been observed for many years, is continuing. In November

bilden hier häufig eingesetzte Fremd-AK, deren Schwelle bei etwa 3.000 Mastplätzen pro Arbeitskraft liegt. Dies bestätigen die Zahlen der Viehbestandserhebung. Der langjährige Trend zu immer weniger, jedoch größeren Betrieben setzt sich fort: Im November 2009 wurden in Deutschland noch rund 67.300 Betriebe mit Schweinehaltung gezählt, das sind weniger als die Hälfte im Vergleich zu Mai 1999 (141.000 Betriebe). Da vor allem kleinere Betriebe die Schweinehaltung aufgegeben haben, stieg der durchschnittliche Schweinebestand in Deutschland je Betrieb im Jahr 2009 auf knapp 400 Tiere. Die Anhebung der Erfassungsschwellen zum 3. Mai 2010 auf jetzt mindestens 50 Schweine oder zehn Zuchtsauen (früher acht Schweine/Bestand) wird in den nächsten Jahren eine deutlich schlechtere Vergleichbarkeit der Daten nach sich ziehen.

Technik für die Schweinehaltung

Die Gruppenhaltung von tragenden Sauen erfordert eine Anpassung der Technik und des Herdenmanagements. Durch die Veränderung der Haltungsbedingungen steigen die Anforderungen an eine automatisierte Tierbeobachtung durch elektronische und softwareunterstützte Lösungen. Diese werden ständig weiterentwickelt und unterstützen den Tierhalter mit elektronisch erfassten Daten. Entsprechende Fütterungstechnik (Abruffütterungen) registrieren aufgenommene Futtermengen, Zusatzgeräte können die Körpertemperatur messen und optische Erfassungsgeräte zur Anzeige der Rausche der Sau sind in der Erprobungsphase. Angefangen beim Entmistungssystem über die Ausgestaltung des Lauf- und Liegebereichs, des Bodens bis hin zum Fütterungssystem und der Klimatechnik, die Umstellung auf Gruppenhaltung fördert Investitionen. Die Stalleinrichter erwarten daher, dass die in den letzten Jahren sinkende Investitionsbereitschaft in Technik für die Sauenhaltung endet und die Investitionen in Sauenställe zunehmen.

Technik für die Rinderhaltung und das Melken

Zunehmende Bestandsgrößen bei gleichzeitigem Rückgang der Tierhaltungen prägen auch den Markt für die Hersteller von Rinderställen, Stalleinrichtungen und Melktechnik. Der für die landwirtschaftlichen Milchproduzenten unbefriedigende Milchpreis sorgte 2009 für verhaltene Investitionen im Bereich der Ersatzinvestitionen und der Reparaturen für bestehende Anlagen. Neuinvestitionen wurden nicht in dem Umfang zurückgestellt, wie zunächst durch die Hersteller erwartet.

2009, approximately 67,300 farms kept pigs in Germany – fewer than 50% as compared to May 1999 (141,000 farms). Since especially smaller farms quit pig husbandry, the average number of pigs kept per farm in Germany increased to almost 400 animals in the year 2009. After the registration threshold was raised to the current number of at least 50 pigs or 10 breeding sows on 3rd May 2010 (as compared with 8 pigs per farm in the past), the comparability of the data will deteriorate considerably in the years to come.

Equipment for pig husbandry

The group housing of pregnant sows requires the adaptation of equipment and herd management. Changing housing conditions result in growing requirements with regard to automated animal observation by means of electronic and software-based solutions. These solutions are constantly being upgraded and support the farmer by providing electronically collected data. Appropriate feeding equipment (feeding on command) registers feed intake. Additional instruments can measure body temperature. Optical sensors which indicate that a sow is in heat are in the test phase. The change-over to group housing promotes investments in all areas including the demanuring system, the design of the walking and lying area, the floor, and the feeding and climate control system.

Therefore, the manufacturers of animal house equipment expect that the period of decreasing willingness to invest in equipment for sow husbandry which has been observed in recent years will end and that investments in sow houses will grow.

Equipment for cattle husbandry and milking

The market for the manufacturers of cattle houses, animal house equipment, and milking systems is also marked by growing herd sizes combined with a decrease in the number of farms. Since the milk price was unsatisfactory for agricultural milk producers, replacement investments and repairs of existing equipment remained at a rather low level in 2009. New investments, however, were not postponed to the extent expected by the manufacturers. Manufacturers of milking equipment report that sales dropped in a few isolated cases. According to these manufacturers, sales of milking robots remained almost constant.

Melktechnikhersteller berichten vereinzelt von leichten Umsatzrückgängen. Nach deren Aussagen blieb der Absatz von Melkrobotern nahezu konstant.

Biogasanlagen-, Rührwerks- und Pumpentechnik

Die letzte Novellierung des EEG bereitet die Grundlage für einen Nachfragezuwachs nach Biogasanlagen. 2009 wurden in Deutschland knapp 5.000 Anlagen betrieben (2008: 3.200 Anlagen) [2] mit einer installierten Leistung von 1.893 Megawatt (2008: 1.377 MW) [2]. Dies ist gegenüber dem Jahr 2008 ein Zuwachs von 1.786 Anlagen (+35,8 %) und einer zusätzlich installierten Leistung von 516 MW (+27,2 %) Leistung. Davon profitieren neben den Herstellern von Biogasanlagen auch die Komponentenhersteller (Rührwerke, Pumpen).

Solartechnik

Die Finanz- und Konjunkturkrise sorgte im 1. Quartal 2009 zunächst für einen Rückgang bei den Auftragseingängen, die aber im 2. Quartal durch eine Steigerung um rund 10 % fast den Vorjahreswert erreichten. Eigenheimbesitzer und Landwirte zeigten sich sehr investitionsfreudig. Die bevorstehende Kürzung der Einspeisevergütung und um 20 % sinkende Preise für Solarstromanlagen seit Ende des Jahres 2008 sorgten dafür, dass sich Investitionen auf einer Vielzahl geeigneter Dachflächen rentierten und die Nachfrage deutlich anstieg. Die rund 350 deutschen Produzenten von Zellen, Modulen und Komponenten erzielten im Jahr 2009 einen Umsatz von rund 11 Mrd. Euro (Industrie: 9 Mrd. Euro; Zulieferer: rund 2 Mrd. Euro). Mit einer neu installierten Leistung von 3.800 MWp im Jahr 2009 für Photovoltaik (PV) beträgt der Zuwachs 38,77 % an der in Deutschland 2009 insgesamt installierten PV-Kapazität von rund 9.800 MWp [3].

Ausblick

Mit dem Rückgang der tierhaltenden Betriebe steigt tendenziell die Anzahl der gehaltenen Tiere pro Betrieb. Diese Entwicklung fängt in den meisten Bereichen der Rinder- und Schweinehaltung die negativen Auswirkungen auf die Umsätze der Stallbauindustrie durch Betriebsaufgaben auf.

Die Stallbauindustrie profitiert zurzeit von einer konstanten Nachfrage nach Technik für Schweinemast- und Rinderställe. Der negative Trend in der Sauenhaltung scheint gestoppt zu sein, so dass nach vorsichtiger Einschätzung Umsatzzuwächse erwartet werden.

Biogas plants, agitators, and pumps

The last revision of the Renewable Energy Act provides the basis for an increase in demand for biogas plants. The number of biogas plants operated in Germany in 2009 amounts to almost 5,000 (2008: 3,200 plants) [2] with an installed output of 1,893 MW (2008: 1,377 MW) [2]. As compared to the year 2008, this is an increase of 1,786 plants (+35,8%) and an additionally installed output of 516 MW (+27.2%). In addition to biogas plant manufacturers, component producers (agitators, pumps) are profiting from this development.

Solar systems

The number of orders received first decreased in the first quarter of 2009 due to the financial and economic crisis. In the second quarter, however, the number of orders grew by approximately 10% and almost reached the level of the previous year. Home owners and farmers proved to be very willing to invest. Since electricity input payments will be reduced soon and the prices of solar systems have decreased by 20% since the end of the year 2008, investments in solar panels on numerous suitable roof surfaces were profitable, and the demand grew considerably. The sales figures of the approximately 350 producers of cells, modules, and components in Germany reached about € 11 billion in the year 2009 (industry: € 9 billion; suppliers: approximately € 2 billion). The newly installed photovoltaic (PV) output of 3,800 MWp in the year 2009 means a growth of 38.77% based on the total PV capacity of approximately 9,800 MWp installed in Germany [3].

Outlook

As the number of livestock farms decreases, the number of animals kept per farm is showing a growing tendency. In most sectors of cattle and pig farming, this development is compensating for the negative effects on the sales figures of the animal house construction industry caused by farms quitting production.

This branch of industry is currently profiting from a constant demand for equipment for fattening pig and cattle houses. The negative trend in sow husbandry seems to have come to an end. Based on conservative estimates, sales increases are therefore expected.

The biogas industry has grown significantly in the year 2009. Here, continuing growth in the two-digit percent range is expected.

Die Biogasbranche hat im Jahr 2009 deutlich zugelegt. Hier wird ein weiteres Wachstum im zweistelligen Prozentbereich erwartet.

Die Solartechnik wird, nach schrittweiser Reduzierung der Einspeisevergütung in vier Schritten um bis zu 50 Prozentpunkte bis zum 1. Januar 2012, langsamer wachsen. Neue Märkte (USA) werden Nachfragesteigerungen auslösen und die Modulpreise stabilisieren. Zukünftig wird für den deutschen Markt, im Vergleich zu den Vorjahren, ein gemäßigteres Wachstum erwartet.

After a stepwise reduction of the input payments in four steps by up to 50% by 1st January 2012, the solar industry will grow more slowly. New markets (USA) will cause the demand to increase and stabilize the module prices. In the future, more moderate growth is expected on the Germany market as compared to the previous years.

Literatur / Bibliography

- [1] Statistisches Bundesamt, 2009
- [2] Fachverband Biogas e.V., 2009
- [3] BSW – Bundesverband Solarwirtschaft e.V., 2009

2 Informationstechnik Information Technology

2.2 Elektronik in der Innenwirtschaft Electronics in livestock farming

Chr. Paulsen, Krefeld, und R. Köstler, Halle/Saale

Der Stall als System

In den Schweine- und Rinderställen kommen in den letzten 25 Jahren immer mehr elektronische Geräte wie Fütterungscomputer, Klimacomputer, automatische Melksysteme zum Einsatz. Diese Geräte erfassen und verarbeiten eine erhebliche Menge an Daten, die für viele verschiedene Tätigkeiten und Auswertungen im Stall, im betrieblichen Management und in der Beratung von besonderer Bedeutung sind. Am Beispiel des Melkroboters ist zu erkennen, was heute in den Ställen mit Elektronik und Softwaretechnik möglich ist. Die Nutzung der erfassten und verarbeiteten Daten gelingt aber nur, wenn diese Computertechnik untereinander vernetzt und dadurch in der Lage ist, nach einheitlichen Verfahren Daten auszutauschen. Oft sind aber hier schon die Grenzen erreicht, da die vorhandenen Geräte oft als geschlossene Systeme konzipiert sind, die weder vorsehen, Daten aus externen Datenquellen zu übernehmen, noch Daten an andere Subsysteme abzugeben.

Die Lösung dieses Dilemmas besteht darin, dass das System Stall selbst als offenes System gestaltet werden sollte. Dabei sind die Datenquellen der Subsysteme unter Nutzung von standardisierten Protokollen zu koppeln. So können die erfassten Daten für betriebliche Zwecke genutzt und verarbeitet werden. An die Außenwirtschaft weitergegeben, sind sie für die betriebliche Buchführung oder für Beratung ebenfalls schnell und effizient zu nutzen. Im Blickpunkt dieser Datennutzung steht der zunehmend stärkere Einsatz von Sensoren im Stall und deren Vernetzung mit der betrieblichen Rechentechnik.

Stallnetze wie das ISOagriNET [1] erfüllen dabei die Aufgabe der Integration entsprechender Protokolle, mit denen die Daten im Stallnetz zur Verfügung gestellt werden können. Die Vorteile offener Systeme, wie sie unter Nutzung des ISOagriNET geschaffen werden können, bestehen in der Interoperabilität und Erweiterbarkeit, durch den Einsatz des standardisierten Datenaustausches und durch offene Schnittstellen. Dabei können Dienste angeboten werden, welche andere Geräte, Ma-

The barn as a system

More and more electronic equipment, such as feeding and climate computers as well as automatic milking systems, has been used in pig and cattle houses in the past 25 years. These systems collect and process a significant quantity of data which are of particular importance for many different activities and evaluations in the barn as well as farm management and counselling. The milking robot as an example shows what electronics and software technology can achieve in barns today. However, the collected and processed data can only be utilized if this computer equipment is networked, which allows data to be exchanged according to uniform procedures. Here, the limits have often already been reached because the existing units are frequently designed as closed systems which can neither take over data from external data sources nor transmit them to other subsystems.

The solution to this dilemma is that the barn itself should be designed as an open system. This means that the data sources of the subsystems must be coupled using standardized protocols. This enables the collected data to be utilized and processed for use on the farm. Even after they have been transmitted to plant production, they can nevertheless be used for book-keeping or counselling quickly and efficiently. This kind of data utilization focuses on increasing sensor use in the barn and its networking with on-farm computer equipment.

Barn networks such as ISOagriNET [1] are responsible for the integration of different protocols which can feed data into the barn network. The advantages of open systems, which can be created with the aid of ISOagriNET, consist in interoperability and extendability due to standardized data exchange and open interfaces. This enables services to be offered which can use other units and management systems without growing data collection and manual documentation requirements. In addition, this gives the farm manager a secure basis for investments with regard to the free extendability of the existing system and state-of-the-art coupling options

agementsysteme nutzen können, ohne dass der Aufwand für Datenerfassung und manuelle Dokumentation steigt. Zudem gibt es dem Betriebsleiter Investitionssicherheit im Hinblick auf die freie Erweiterbarkeit des vorhandenen Systems und der Kopplungsmöglichkeiten entsprechend den Gegebenheiten des jeweiligen technischen Standes unabhängig vom Innovationszyklus in Richtung Stallautomation.

ISOagriNet und Stallautomation

ISOagriNET (ISO/FDIS 17532:2007(E)) ist ein Protokoll für den automatischen und interaktiven Datenaustausch. Dabei handeln die beteiligten Geräte aus, welche Dienste sie anderen Geräten anbieten und zur Verfügung stellen [2]. Während des Betriebes werden dann Daten und Befehle zwischen den Geräten ausgetauscht. Aufgrund seiner relationalen Struktur und des dedizierten Befehlssatzes ist ISOagriNET ebenfalls zum Austausch von Ereignissen und zur Synchronisation von remoten Datenbanken im Internet fähig.

Sucht man im Internet nach dem Begriff „Stallautomation“, findet man eine kaum nennenswerte Anzahl an Ergebnissen, zum verwandten Begriff „Gebäudeautomation“ gibt es eine gut fünfstellige Zahl von Einträgen. Im Folgenden sollen nun mangels anderer Begrifflichkeiten die Definitionen aus dem Bereich der Gebäudeautomation herangezogen werden.

Unter Gebäudeautomation [3] ist die „Gesamtheit von Überwachungs-, Steuer-, Regel- und Optimierungseinrichtung von Gebäuden“ zu verstehen. Dabei werden „alle Sensoren, Aktoren, Bedienelemente, Verbraucher und andere technische Einheiten im Gebäude miteinander vernetzt“. Diese Begrifflichkeiten lassen sich auf die Stallautomation übertragen. Dabei wird in drei logische Ebenen unterschieden [3], in die Feldebene, Automationssebene, Managementebene. Diese sollen die Basis für die Betrachtung zur Stallautomation bilden.

Der Feldebene sind die Sensoren zuzuordnen. Im Stall kommen zwei Sensortypen zum Einsatz, mobile (am Tier, Futterwagen) und stationäre Sensoren (Fütterung, Klima, Geruch). Ihre Anbindung an das Stallnetz erfolgt auf unterschiedlichem Weg. Einer davon ist die „Implementierung von Adaptern“ mit Hilfe von Mikrocontrollern. Sie ermöglicht es unter Nutzung von Softwarelösungen, Daten ins Stallnetz zu übertragen und dabei das standardisierte Protokoll ISOagriNET zu nutzen. Dazu liegen mit dem im „Farm-Cell“ von der Universität Hohenheim [4] verwendeten TINI der Firma Maxim und mit dem ISOagriNET-LON-Adapter der Firma Möller bereits zwei vom DLG-Test-

regardless of the innovation cycle towards barn automation.

ISOagriNET and barn automation

ISOagriNET (ISO/FDIS 17532 2007 E) is a protocol for automatic, interactive data exchange. This means that the units involved decide which services they offer and provide to other units [2]. During operation, data and commands are exchanged between the units. Due to its relational structure and the dedicated set of commands, ISOagriNET is also capable of exchanging events and synchronizing remote data bases on the internet.

An internet search for the term “barn automation” hardly provides a considerable number of results, whereas a large five-digit number of entries is available for the related term “building automation”. Since other terms do not exist, the definitions used in the field of building automation will be applied below.

Building automation [3] signifies “the entirety of all monitoring, control, regulating, and optimization systems of buildings”. This means that „all sensors, actuators, operating elements, consumers, and other technical units in the building are networked”. These definitions can be applied to barn automation. Here, three logical levels are distinguished [3]: the field level, the automation level, and the management level. They serve as the basis for the consideration of barn automation.

The sensors belong to the field level. The two sensor types used in the barn are mobile (at the animal, forage wagon) and stationary sensors (feeding, climate, odour). They are connected to the barn network in different ways. One of them is “adapter implementation” with the aid of microcontrollers. This allows data to be transmitted to the barn network using software solutions and the standardized protocol ISOagriNET. With the TINI from the company Maxim, which is used by the University of Hohenheim in the “farm cell” [4], and the ISOagriNET-LON adapter from the company Möller, two adapters are available which have been tested by the DLG Test Center and are compatible with ISOagriNET [5].

At the automation/networking level, many BUS systems which need to be organized as well as possible for special tasks must be integrated. Here, communication is taken over by the barn network. In ISOagriNET [6], the protocol functions are described in a dedicated manner, whereas the distribution of the tasks over different units is not defined. This distinguishes ISOagriNET from ISOBUS. In a tractor, for example, a unit is needed

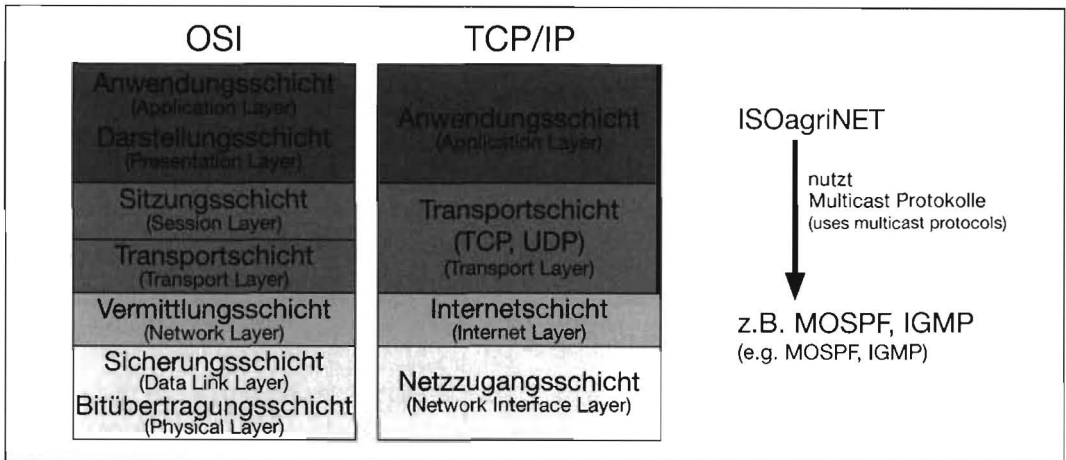


Bild 1: ISOagriNET – ein Standard für Stall und Internet [2]

Fig. 1: ISOagriNET – a standard for the barn and Internet [2]

zentrum geprüfte Adapter vor, die ISOagriNET kompatibel sind [5].

In der Automatisierungs-/Vernetzungsebene gilt es, im Stall viele Bussysteme, die für Spezialaufgaben möglichst optimal zu organisieren sind, zu integrieren. Die Kommunikation übernimmt hier das Stallnetz. Im ISOagriNET [6] sind die Protokollfunktionen dediziert beschrieben, die Verteilung der Aufgaben auf unterschiedliche Geräte nicht. Dies unterscheidet ISOagriNET vom ISOBUS. So wird beispielsweise in einem Traktor ein Gerät gebraucht, das die Koordination des gesamten Busses übernimmt. Sicherlich wird auch bei ISOagriNET erwartet, dass es Aufgabenteilung gibt, aber diese lässt sich flexibel entwickeln. Dabei ist der Weg in Zukunft weg von einem monolithischen Managementsystem (Kuhplaner, Sauenplaner) hin zu einem serviceorientierten, arbeitsteilig organisierten Prozesssteuerungs- und Managementsystem zu beschreiten:

- Datenspeicher wie Datenbanken, die ihre Informationen selbstständig aus den Datenströmen des Stallnetzes holen und bei Bedarf gezielt als Dienstleistungen an spezielle Applikationen abgeben
- Protokollwandler, die Daten aus den Bussystemen übertragen
- eigenständige Subsysteme wie Melkroboter oder Fütterungscomputer
- Applikationen zur Prozesssteuerung sowie zum betrieblichen Management

Im Mittelpunkt dieser Netzphilosophie steht die Notwendigkeit, dynamisch und effizient auf die sich entwi-

which takes over the coordination of the entire BUS. Division of tasks is certainly also expected in ISOagriNET. However, this division can be developed flexibly. In the future, it will therefore be necessary to travel new avenues away from a monolithic management system (cow and sow herd management system) towards a service-oriented process control and management system organized on the basis of a division of tasks:

- Memories such as databases which collect their information automatically from the data flows of the barn network and transmit them as services to special applications when needed
- Protocol converters which transmit data from the BUS
- systemsIndependent subsystems such as milking robots or feeding computers
- Applications for process control and farm management

The core of this network philosophy is the necessity to be able to react to the developing, varying challenges in the barn dynamically and efficiently. First and foremost, this includes the capability to integrate very different sensors and devices. Here, ISOagriNET can rely on the standardized definition of services ("named queries" and "processing instructions").

At the management level, ISOagriNET provides the functionality which allows the devices to carry out their tasks in barn automation in proactive cooperation with other devices and sensors. In addition, data for management tasks are supplied. The special chance of this

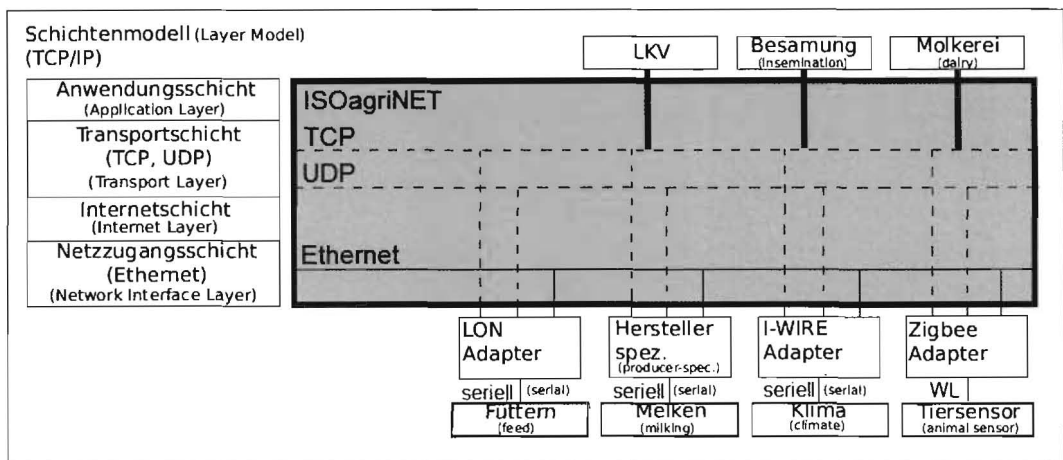


Bild 2: ISOagriNET als Integrator
Fig. 2: ISOagriNET as an integrator

ckelnden und verändernden Herausforderungen im Stall reagieren zu können. Dazu gehört es zu allererst, sehr unterschiedliche Sensoren und Geräte einbinden zu können. Über die standardisierte Definition von Diensten („named Queries“ und „Processing Instructions“) kann ISOagriNET hier arbeiten.

In der Managementebene stellt ISOagriNET einerseits die Funktionalität zur Verfügung, um die Geräte zu befähigen, ihre Aufgaben bei der Stallautomation in proaktiver Abstimmung mit anderen Geräten und Sensoren zu erledigen, andererseits werden Daten für Managementaufgaben bereitgestellt. Die besondere Chance besteht dabei in der Standardisierung des Protokolls sowie des herstellerunabhängigen Einsatzes [7]. Im „Precision Livestock Farming“ [8] wird damit auch durch den Einsatz von ISOagriNET die Realisierung vielfältiger Aufgaben im Stall- und Betriebsmanagement unterstützt. Darüber hinaus können mit ISOagriNET weitere Dienste bereitgestellt werden (siehe auch <http://www.lkv-nrw.de>) und automatisch mit in das Stallnetz einbezogen werden.

Zusammenfassung

Der fortschreitende Einsatz von Computer und Messtechnik (Sensoren) bedingt eine Regelung der Kommunikation dieser Geräte. Mit dem ISOagriNET sind die Voraussetzungen geschaffen, herstellerunabhängig über Prozessebenen und Automatisierungslevel hinweg Daten auszutauschen.

ISOagriNET zeigt sein Potenzial bereits in einigen Projekten im Stall und Internet. Dieses Potenzial gilt es zukünftig

approach is protocol standardization and manufacturer-independent use [7]. In „precision livestock farming“ [8], the use of ISOagriNET thus also supports the realization of various tasks in barn and farm management. Moreover, ISOagriNET allows other services to be provided (cf. <http://www.lkv-nrw.de>) and enables them to be integrated automatically into the barn network.

Summary

The progressing use of computers and measuring technology (sensors) requires the standardization of communication between these units. ISOagriNET provides the prerequisites for manufacturer-independent data exchange beyond process and automation levels.

ISOagriNET is already showing its potential in some projects in the barn and on the internet. In the future, it will be necessary to exploit this potential better. For this purpose, it is particularly important to reach complete integration by including services from the internet like those which are already available in the DLQ portal (<http://www.dlg-web.de>).

tig stärker auszuschöpfen. Dabei ist die vollständige Integration durch Einbeziehung von Serviceleistungen aus dem Internet, wie sie im DLQ-Portal (<http://www.dlg-web.de>) bereits avisiert wird, von besonderer Bedeutung.

Literatur / Bibliography

- [1] *ISO (2007):* Stationary equipment for agriculture and forestry – Data communications network for livestock farming. ISO/IS 17532:2007(E): <http://www.iso.org>
- [2] *Walther, P.:* Standardisierung von ISOagriNET. LKV NRW, 2007, <http://www.lkv-nrw.de/nlwiki/Einleitung>; Abruf: 2010-05-25
- [3] *Wikipedia:* Gebäudeautomatisierung: Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Gebäudeautomation>; Abruf: 2010-05-25
- [4] *Herd, D., E. Gallmann, B. Röbler und T. Jungbluth:* Vernetzung von Systemkomponenten in Schweinemastanlagen. In: Müller, R. A. E., H.-H. Sundermeier, L. Theuvsen, S. Schütze und M. Morgenstern: Unternehmens-IT: Führungsinstrument oder Verwaltungsbürde? Referate der 28. GIL-Jahrestagung vom 10.-11. März 2008, S. 67-70, Gesellschaft für Informatik, Bonn, 2008
- [5] *Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft. DLG – ISOagriNET-kompatible Systeme* <http://www.dlg.org/isoagrinet.html>; Abruf: 2010-05-17
- [6] *Paulsen, C.:* ISOagriNET-Initiative für ein standardisiertes Stallnetz. Landtechnik 61 (2006), H. 3, S. 173
- [7] • *Köstler, R.:* Beitrag zur Entwicklung von Informationsdienstleistungen für Landwirtschaftsunternehmen – dargestellt am Beispiel der Milcherzeugung. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 2008
- [8] *Ratschow, J.-P.:* Precision Livestock Farming für mehr Betriebserfolg. Bauförderung Landwirtschaft e.V. Münster (Hrsg.), DLG-Verlags-GmbH, Münster, 2004

2.4 Logistik für Futterbereitstellung und Auslieferung

Logistics for the supply and delivery of forage

G.-C. Maack, Bonn

Allgemeine Entwicklung

Nach den allgemein absatzstarken Jahren in der Landtechnik-Industrie 2007/2008 ist im Jahr 2009, auch bedingt durch die Wirtschaftskrise und die sehr niedrigen Milchpreise, die Investitionsbereitschaft der Landwirte in neue Futterernte- und Transporttechnik deutlich geringer ausgefallen. Zudem ist sicherlich zu berücksichtigen, dass die erhöhte Zahl der Neuanschaffungen in den Vorjahren zu einer Marktsättigung beigetragen hat. Die Zahl der verkauften Häcksel- und Ladewagen ist um 28 % auf 720 gesunken, während die Absätze bei den Feldhäckslern nur um etwa 12 % auf 451 zurückgegangen sind [1].

Die Logistik der Futterernte hat sich abhängig vom Ernteverfahren und von der Transportentfernung in verschiedene Richtungen entwickelt. Die Häckselkette für den selbstfahrenden Feldhäckslers ist schon seit langem ein Verfahren für den überbetrieblichen Einsatz. Technische Neuheiten, wie eine automatische Steuerung der Fahrzeugbefüllung am Häckslers, können helfen, die Auslastung der Transporteinheiten weiter zu verbessern. In den letzten Jahren ging die gesamte Häckselkette zunehmend in die Organisation der Lohnunternehmen über. Die steigende Schlagkraft der Häckslers führt häufig zu Engpässen bei der Siliergutverdichtung am Silo. Technisch gut ausgerüstete und leistungsstarke Walzfahrzeuge sind deshalb zwingend notwendig, um bei Auslastung des Häckslers eine gute Verdichtungsarbeit zu gewährleisten [2].

Transport und Gutumschlag

Bei den Transporteinheiten ist ebenfalls ein Trend zur Nutzung großvolumiger Häckselwagen sowie von Kombiwagen zu verzeichnen. Gerade bei größeren Transportentfernungen werden auch Allrad-LKW mit speziellen Aufbauten eingesetzt [3]. Ihre möglichen höheren Fahrgeschwindigkeiten sind gegenüber Traktor-Gespannen bei größeren Transportentfernungen von Vorteil. Der LKW ist deshalb vor allem dann geeignet, wenn er mit anderen Aufbauten ausgelastet werden kann und seine höhere Motorleistung durch die örtliche Topographie häufiger ausspielen kann.

General development

After sales figures in the agricultural machinery industry had generally been high in 2007/2008, the readiness of farmers to invest in new forage harvesting and transport equipment was significantly less pronounced in 2009, which was also a result of the economic crisis and the very low milk prices. In addition, it must certainly be taken into account that the larger number of new purchases in the previous years contributed to a saturation of the market. The number of forage transport and loader wagons sold dropped by 28% to 720, while forage harvester sales decreased by only approximately 12% to 451 [1].

The logistics of forage harvesting has developed in different directions depending on the harvesting technique and the transport distance. The harvesting chain for the self-propelled forage harvester has long been a technique for cooperative machinery use. Technical innovations, such as automatic control of vehicle filling at the chopper, can help to improve the capacity utilization of the transport units further. In recent years, contractors have more and more taken over the organization of the entire harvesting chain. The growing efficiency of the choppers often leads to bottlenecks during the compression of silage crops in the silo. Technically well equipped, efficient rolling vehicles are therefore urgently necessary in order to guarantee good compression when the capacity of the chopper is fully exploited [2].

Transport and handling

A trend towards the use of large-volume forage wagons and combined wagons can also be recorded among transport units. All-wheel trucks with special bodies are used in particular for larger transport distances [3]. As compared with tractor-trailer combinations, their higher potential driving speeds are advantageous for larger transport distances.

For this reason, trucks are particularly suitable if their capacity can be exploited using other bodies and if local topography allows their greater engine power to be fully utilized more often.



Bild 1: Bergmann-Streuer auf Actros Allrad-LKW [4]

Fig. 1: Bergmann manure spreader on Actros all-wheel truck



Bild 2: Ropa-Nawaro-Maus [6]

Fig. 2: Ropa maus for renewable raw material [6]

Im Bereich des Häckselguttransportes für die Biogas-erzeugung werden oft noch größere Entfernungen in Kauf genommen, sodass auch ein Überladen auf straßenbe- reifte LKW eine Alternative sein kann. Die Firma Ropa hat hierfür einen Reinigungslader umgerüstet, der Häck- selgut vom Boden mit sehr geringen Verlusten auf- nimmt und auf Transportfahrzeuge überlädt [5].

Die Transportkette kann dadurch vom Häcksler entkop- pelt und mit Straßenfahrzeugen betrieben werden. Die Liegezeit des Häckselgutes am Feldrand ist jedoch so kurz wie möglich zu halten, da der massive Sauerstoff- einfluss zur Erwärmung und damit zu Energieverlusten führt. Überladestationen, wie beispielsweise von Fliegl, werden ebenfalls zur schlagkräftigen Transportfahrzeug- Beschickung eingesetzt [7]. Beim LKW-Einsatz ist zu be- rücksichtigen, dass das Häckselgut auf das Silo aufge- schoben werden muss, was den Zeitanteil der Verdichtungsarbeit verringert.

Speziell für den kombinierten Silage- und Gärresttrans- port bei dezentraler Silagelagerung wurden Kombifahr- zeuge entwickelt [8]. In der Transportmulde befindet sich ein elastischer Tankbehälter, der bei Schüttgut- transport durch eine Abdeckung geschützt auf dem Bo- den der Mulde liegt. Der Tank wird durch stationäre Pumpen befüllt und kann vom Güllefass abgepumpt werden. Der Transporter kann so auch als Feldrandzu- lieferer bei der Gülleausbringung eingesetzt werden.

Ladewagen

Die Futterbergung mit dem Ladewagen bietet grund- sätzlich den Vorteil einer einfacheren Logistik gegen- über einer Häckselkette. Vor allem bei arrondierten Flä- chen mit kurzen Transportfahrten ist der Ladewagen die

For the transport of chopped forage for biogas produc- tion, larger distances are often tolerated so that over- loading to trucks with road tyres can be an alternative. For this purpose, the company Ropa converted a clean- er-loader which picks up chopped silage crops from the ground while keeping losses very low and overloads them to transport vehicles [5].

This allows the transport chain to be decoupled from the forage harvester and enables road vehicles to be used for this purpose. However, the lying time of the chopped forage at the field's edge must be kept as short as possible because massive oxygen influence leads to warming and resulting energy losses. Over- loading stations, such as those offered by Fliegl, are also used for the efficient loading of transport vehicles [7]. When trucks are used, it must be taken into consid- eration that the chopped silage crops must be pushed onto the silo, which reduces the time share of compres- sion work.

Combined vehicles were developed especially for the combined transport of silage crops and fermentation residues under the conditions of decentralized silage crop storage [8]. The transport body is equipped with an elastic tank container, which lies at the bottom of the body and is protected by a cover during bulk mate- rial transports. The tank is filled by stationary pumps and can be drained by the slurry container. This allows the transporter to be used at the field's edge for the supply of slurry for distribution.

Loader wagon

In principle, forage collection with the loader wagon provides the advantage of simpler logistics as com-



Bild 3: Combiliner der Firma Annaburger [9]
Fig. 3: Combiliner of company Annaburger

kostengünstigere Lösung. In Bezug auf die Schnittqualität hat die Ladewagenteknik deutlich aufgeholt. Rotorladesysteme bieten bis zu über 50 Messer und damit theoretische Schnittlängen um 40 mm. Auch bei kleineren Ladewagen zeichnet sich ein Trend zur Rotortechnik ab. Die Vorteile der besseren Schnittqualität überwiegen gegenüber dem Nachteil des geringfügig höheren Leistungsbedarfs im Vergleich zur Förderschwingentechnik [10]. Die großvolumigen Rotorwagen benötigen eine hohe Antriebs- und Zugleistung, weshalb Traktoren von 140 kW und mehr für deren Auslastung notwendig sind. Die Schlagkraft, aber auch die hohen Investitionskosten machen diese zunehmend zum Gerät für den überbetrieblichen Einsatz. Ein weiteres Größenwachstum der Ladevolumen ist durch die Bestimmungen der Straßenverkehrsordnung in der oberen Leistungsklasse kaum noch möglich.

Die von verschiedenen Herstellern angebotenen Kombiwagen sind in der Grasbergung als Ladewagen und in der Maisernte als Häckseltransportwagen einsetzbar [11]. Da der Maisanbau in den Grünlandregionen an Bedeutung gewonnen hat und die Fahrzeuge auch für andere Häckselgüter, wie etwa Hackschnitzel aus Umtriebsplantagen, einzusetzen sind, kann eine deutlich höhere Auslastung erzielt werden. Der Mehrpreis für die Kombiwagen im Vergleich zum Ladewagen ist deshalb je nach Einsatzmöglichkeiten vor allem für Lohnunternehmer eine lohnende Investition.

Siliergutverdichtung

Die Siliergutverdichtung ist ein wichtiger Faktor, der mit in die ganze Erntelogistik einbezogen werden muss. Um

pared with a chopping chain. Especially on consolidated fields with short transport rides, the loader wagon is the more cost-effective solution. Loader wagon technology has caught up significantly with regard to cutting quality. Rotor loading systems are equipped with up to 50 knives and thus provide theoretical cutting lengths of approximately 40 mm. Even smaller loader wagons are exhibiting a trend towards rotor technology. The advantages of better cutting quality outweigh the disadvantage of slightly greater power requirements as compared with conveyor arm technology [10]. The large-volume rotor wagons require a large amount of driving and pulling power. Therefore, tractors having 140 kW and more are necessary for the full exploitation of their capacity. Due to their efficiency and the high investment expenses, these wagons are increasingly becoming equipment for cooperative use. However, road traffic regulations make it virtually impossible for loading volumes in the upper capacity class to grow further.

The combined wagons offered by different manufacturers can be used as loader wagons for grass collection and as forage transport trailers for the maize harvest [11]. Since maize cultivation in grassland regions has gained in importance and the vehicles can also be used for other chopped materials, such as wood chips from rotation plantations, the degree of capacity utilization can be increased significantly. Depending on the possibilities of use, the higher price of combined wagons as compared with loader wagons is therefore a worthwhile investment especially for contractors.

Compression of silage crops

Silage crop compression is an important factor which must be integrated into the entire logistics of the harvest. In practice, different technical solutions are used for the distribution and sufficient compaction of the mass flows during the maize harvest. The company Kässbohrer offers specially converted snow cats which are able to distribute the crops quickly due to high pushing power and variously adjustable pushing blades [12].

In addition to wheeled loaders and ballasted standard tractors, system tractors such as the Claas Xerion are used for silo compression. Advantages result from the great ballasting capacity and the option of offset rolling. Vibration rollers from road construction can be used for effective compression work. In a practice test, high degrees of compression were reached when compressing large silos even when large quantities were delivered [13].



Bild 4: Pistenbully beim Silo-Verdichten
(Foto: Nussbaum)

Fig. 4: Pistenbully at compacting Silage crop (picture Nussbaum)

die Massenströme bei der Maisernte zu verteilen und ausreichend zu verdichten, werden in der Praxis verschiedene technische Lösungen eingesetzt. Die Firma Kässbohrer bietet hierfür speziell umgerüstete Pistenraupen an, die durch hohe Schubleistung und vielfältig verstellbare Schiebeschilde eine schnelle Gutverteilung erzielen können [12].

Neben Radladern und ballastierten Standardtraktoren werden auch Systemtraktoren, wie etwa der Claas Xerion, für die Siloverdichtung eingesetzt. Vorteile ergeben sich durch die hohe Ballastierbarkeit sowie die Möglichkeit des spurversetzten Walzens. Allein für eine effektive Verdichtungsarbeit können auch Vibrationswalzen aus dem Straßenbau eingesetzt werden. Im Praxisversuch wurden damit bei der Verdichtung von Großsiloeinrichtungen selbst bei hohen Anlieferungsmengen gute Verdichtungen erzielt [13].

Eine weitere Möglichkeit für die Silierguteinlagerung sind Schlauchpressen sowie das Siliersystem Silospeed (Firma Alka), bei dem die Silage in einem Stahltunnel gepresst und mit einer Silofolie maschinell überzogen wird [14]. Beide Systeme bieten den Vorteil einer ortsunabhängigen Einlagerung. Dadurch können während der Ernte Transportkapazitäten eingespart werden. Zudem ist die Silokapazität flexibel mit geringen baulichen Investitionen zu erweitern. Sowohl Schlauchpresse als auch die Silospeedtechnik können parallel zum Feldhäcksler eingesetzt werden.

Bagging technology and the Silospeed ensilage system (company Alka), which compresses silage in a steel tunnel and mechanically covers it with silo film, are additional options [14]. Both systems provide the advantage of locally independent storage. This allows transport capacities during storage to be saved. In addition, it is possible to extend silo capacity flexibly while keeping construction investments low. Both the bagger and silo speed technology can be used at the same time as the forage harvester.

Feed dispensing technology

Drawn and self-propelled feeder-mixer wagons are currently state of the art in practical cattle feeding. Different manufacturers also offer automatic feeding systems, which generally consist of a supply station and a rail-mounted mixing and distributing container. The filling of the supply station is independent of the feeding times. This allows for free time organization and more frequent feed dispensing by the automatic system. The filling of the station, however, is not automated. The advantages for the farmer lie in worktime savings and more flexible time planning [15]. The automatic-driven mixer wagon Innovado from the company Schuitemaker, which is currently being tested, goes one step further. The vehicle uses responders installed in the ground for orientation and thus drives on given paths to the silo and the animal house.



Bild 5: Automatisch arbeitender Futtermischwagen Innovado [16]

Fig. 5: Automatical fodder mixing trailer Innovado [16]

Futtermittelagertechnik

Angehängte und selbstfahrende Futtermischwagen sind derzeit Stand der Technik in der praktischen Rinderfütterung. Verschiedene Hersteller bieten auch automatische Fütterungssysteme an, die zumeist aus einer Vorratsstation und einem schienengeführten Misch- und Verteilbehälter bestehen. Die Vorratsstation kann unabhängig von den Fütterungszeiten befüllt werden. Dies ermöglicht eine freie Zeiteinteilung und eine häufigere Futtermittelabgabe durch das automatische System. Die Befüllung der Station ist aber nicht automatisiert. Die Vorteile für den Landwirt liegen in einer Arbeitszeiteinsparung und einer flexibleren Zeitplanung [15]. Einen Schritt weiter geht der zurzeit in Erprobung befindliche, automatisch fahrende Mischwagen Innovado der Firma Schuitemaker. Das Fahrzeug orientiert sich an im Boden eingelassenen Respondern und fährt somit auf vorgegebenen Wegen zum Silo und in den Stall.

Die Siloentnahme als auch die Futtermittelabgabe erfolgen automatisch. Die Rationsplanung kann für verschiedene Leistungsgruppen am PC erfolgen und drahtlos auf den Bordcomputer des Innovado übertragen werden. Die Komponenteneinwaage und Mischung der Ration erfolgen selbstständig. Zur Vermeidung von Unfällen ist ein Umgebungsscanner sowie Laser mit einem Sicherheitssystem gekoppelt, welches den Innovado sofort stoppt, wenn sich etwas in seinem Fahrbereich befindet [17].

Zusammenfassung

Die Verbreitung leistungsstarker Feldhäcksler stellt vor allem in der Silomaisenernte hohe Anforderungen an die Transport- und Silologistik. Im Bereich der Nawaro-Transporte über größere Strecken sind deshalb Überladesysteme kombiniert mit Straßentransportern eine Alternative zum Transport mit feldgängigen Häckselwagen. Im Bereich der Futtermittelabgabe bieten automatische Fütterungen schon heute eine Arbeitszeiteinsparung und vor allem eine flexiblere Arbeitseinteilung. Die technische Entwicklung wird dabei in Zukunft noch neue Möglichkeiten zu einer weiteren Automatisierung öffnen, wie das Beispiel des Innovado zeigt. Die hohen Investitionskosten solcher Systeme stehen vor allem in Konkurrenz zur verfügbaren Arbeitskraft auf dem jeweiligen Betrieb.

Silo unloading and feed dispensing are automated. The rations for different performance groups can be planned on the PC and transmitted wirelessly to the on-board computer of the Innovado. The weighing of the components and the mixing of the ration are carried out automatically. For accident prevention, an environment scanner and a laser are coupled to a safety system which stops the Innovado immediately when something is in its driving range [17].

Summary

The wide use of high-capacity forage harvesters puts great demands on transport and silo logistics in particular during the silo maize harvest. For the transport of renewable raw materials over larger distances, overloading systems combined with road transporters are therefore an alternative to transport with forage transport trailers suitable for field use.

For feed dispensing, automatic feeding systems already provide worktime savings and in particular more flexible work organization today. In the future, technical development will open up new options for further automation, which is illustrated by the Innovado, for example. The high investment costs of such systems above all compete with the available workforce on the individual farm.

Literatur / Bibliography

- [1] *VDMA Fachverband Landtechnik*: Kennzahlen des deutschen Landtechnikmarktes, 2009
- [2] *Häbler, J.*: Silomanagement im Großbetrieb. Neue Landwirtschaft (2008), H. 5, S. 46-48
- [3] -, -: Selbstfahrer mit Streuer-Aufbau und Häckseltransportaufbau. Lohnunternehmen 65 (2010), H. 3, S. 80
- [4] -, -: Internetpräsenz der Firma Bermann: www.bergmann-goldenstedt.de
- [5] -, -: Internetpräsenz der Firma Ropa: www.ropa-maschinenbau.de
- [6] -, -: Internetpräsenz der Firma Ropa: www.ropa-maschinenbau.de
- [7] -, -: Fliegl-Überladestation Universal verbessert Transportlogistik in der Ernte. In www.landtechnik-magazin.de
- [8] -, -: Internetpräsenz der Firma Annaburger Nutzfahrzeuge GmbH: www.annaburger.de
- [9] -, -: Internetpräsenz der Firma Annaburger Nutzfahrzeuge GmbH: www.annaburger.de
- [10] *Küper, J.-M., und G. Höner*: Kleine Rotoren: Besserer Schnitt bei gleichen PS. top agrar 39 (2010), H. 3, S. 128-131
- [11] *Wilmer, H.*: Stabiler Großraum-Kombi. Profi 20 (2008), H. 2, S. 30-33
- [12] *Mumme, M.*: Mit wenig Druck fest walzen. DLZ 61 (2010), H. 5, S. 74-77
- [13] *Häbler, J., R. Tölle und J. Hahn*: Vibrationswalzen zur Verdichtung von Siliergut. Landtechnik 63 (2008), H. 1, S. 28-29
- [14] *Pöllinger, A., und J. Paar*: Silospeed G-5 erreicht Serienreife. Lohnunternehmen 64 (2009), H. 1, S. 24-27
- [15] *Nydegger, F., und A. Grothmann*: Automatische Fütterung von Rindvieh. Ergebnisse einer Erhebung zum Stand der Technik. ART-Bericht Nr. 710 / 2009, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon
- [16] -, -: Internetpräsenz der Firma Schuitemaker: www.srschuitemaker.nl
- [17] -, -: Internetpräsenz der Firma Schuitemaker: www.srschuitemaker.nl

2.5 Arbeitswissenschaft für die Innenwirtschaft Farm Work Science for Livestock Farming

M. Schick, Ettenhausen/CH

Eine wichtige Grundvoraussetzung für die arbeitswissenschaftliche Forschung ist die Gestaltung der Arbeit in der Landwirtschaft und ihrer Bedingungen, nicht nur nachträglich korrigierend, sondern möglichst vorausschauend innovativ.

Arbeitszeitstudien sollen verlässliche, übertragbare Kalkulations- und Planungsdaten zur Arbeitsorganisation sowie für Betriebszweig- und Betriebsplanungen zur Verfügung stellen. Sie werden vorzugsweise kausal in Form von direkten Arbeitsbeobachtungen mit der Zeitelementmethode durchgeführt.

Arbeitszeitbedarf

Die Methodik der Arbeitszeiterfassung entwickelt sich in der Innenwirtschaft nur langsam weg von der direkten Arbeitsbeobachtung mit Hilfe manueller elektronischer Zeiterfassungsmethoden hin zur automatisierten Datenerfassung. Die Einflussgrößenerfassung (etwa Milchmenge, Futtermassen) erfolgt dagegen schon jetzt mehrheitlich automatisiert. Die Aufbereitung und Auswertung der arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen ist mittlerweile weitestgehend standardisiert [1 bis 11]. Ein Ergebnis ist in **Bild 1** zu sehen.

Die gestiegenen qualitativen Ansprüche an zeitwirtschaftliche Daten in der Innenwirtschaft bezüglich Zuverlässigkeit, Rechtsgültigkeit und Objektivität führen dazu, dass die gewonnenen Datensätze eine erhöhte Aussagekraft erhalten und in unterschiedlichen Datenbanksystemen weiterverwendet werden können.

Neue arbeitswirtschaftliche Kennzahlen stehen in den Bereichen Mutterkuhhaltung, Abferkelsysteme, Mastschweine, Weide, Rinderaufzucht, Legehennenhaltung, Forst, Melken sowie Folien und Vliese im Gemüsebau zur Verfügung [12 bis 28].

Betriebsmanagement

Das Betriebsmanagement nimmt bei steigenden Betriebsgrößen einen zunehmenden Anteil am Gesamtarbeitszeitbedarf an [29]. Deshalb sind hier verlässliche arbeitswirtschaftliche Daten und Kalkulationsgrundlagen besonders wichtig.

One important foundation of farm work science is the organization of farm work and its conditions. This not only includes later corrections, but, if possible, also future-oriented innovation.

Worktime studies are intended to provide reliable, generally applicable calculation and planning data for work organization as well as farm branch and operational planning. They are preferably carried out causally in the form of direct work observations using the time element method.

Worktime requirements

The method of worktime registration in livestock farming is only slowly developing away from direct work observation with the aid of manual electronic time registration methods towards automated data collection. Most influencing variables (e.g. milk quantity, feed masses), however, are already registered automatically. Meanwhile, the processing and evaluation of labour management parameters is almost fully standardized [1 to 11]. The result is shown in **Figure 1**.

As a result of the greater qualitative demands on time management data in livestock farming with regard to reliability, legal validity, and objectiveness, the collected data sets are becoming more meaningful and can be used and exchanged in different database systems.

New labour management parameters are available for mother cow husbandry, farrowing systems, fattening pigs, pasture, cattle rearing, laying hen husbandry, forestry, milking, as well as film and fleeces in vegetable farming [12 to 28].

Farm management

As farm sizes grow, farm management accounts for a growing share of the total worktime requirements [29]. Therefore, reliable labour management data and calculation bases are particularly important.

The causal-empirical registration approach has established itself as standard [30; 31]. Meanwhile, labour management parameters are available for farm organization, management, and special work in dairy cattle husbandry, forage

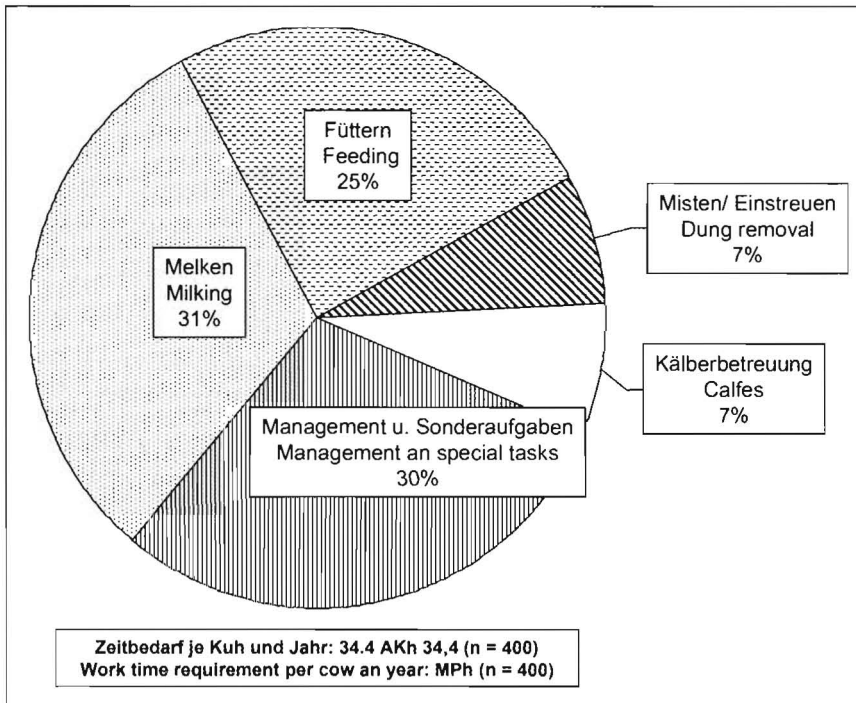


Bild 1: Arbeitszeitbedarf Milchviehhaltung

Fig. 1: Working time requirements in dairy farming

Der kausal-empirische Erfassungsansatz hat sich als Standard durchgesetzt [30; 31]. Mittlerweile liegen arbeitswirtschaftliche Kennzahlen für Betriebsführung, Management und Sonderarbeiten für die Bereiche Milchviehhaltung und Futterbau, Schweinezucht und Schweinemast, Geflügelhaltung und Kleinwiederkäuerhaltung vor [32 bis 36].

Arbeitsorganisation

Im Rahmen eines wirtschaftlich schwieriger werdenden nationalen und internationalen Umfeldes mit stagnierenden Milchpreisen und steigenden Kosten ist die Effizienzsteigerung eine Möglichkeit zur Einkommenssicherung. Hierzu bieten sich aus arbeitswissenschaftlicher Sicht verfahrenstechnische und arbeitsorganisatorische Optimierungsmaßnahmen an. Mit den Methoden der Ist- und Schwachstellenanalyse sowie der einzel- und überbetrieblichen Zeit- und Arbeitsplanung kann Rationalisierungspotenzial aufgedeckt werden [37 bis 45].

Zur Optimierung der Arbeitsorganisation auf Landwirtschaftsbetrieben können mit Hilfe von Modellkalkulationssystemen (PROOF, AW-TOOLS, ART-Arbeitsvoranschlag, LISL, TTS-Manager) sowohl die Ist- als auch verschiedene Soll-Situationen dargestellt werden [46].

growing, pig breeding and pig fattening, poultry husbandry, and small ruminant husbandry [32 to 36].

Work organization

Given growing economic difficulties at the national and international level characterized by stagnating milk prices and increasing costs, improving efficiency is one possibility of securing incomes. From the viewpoint of labour management, process-technological and work-organizational optimization measures suggest themselves for this purpose. The methods of actual-situation and weak-point analysis as well as individual and cooperative time and work planning enable rationalization potential to be discovered [37 to 45].

For the optimization of work organization on farms, both actual situations and different target situations can be described with the aid of model calculation systems (PROOF, AW-TOOLS, ART work estimate, LISL, TTS manager) [46].

First, the present actual situation is precisely characterized as part of consistent written planning (Fig. 2). This shows the activities which require the largest amount of time. Afterwards, exactly these activities must first be analyzed with regard to their potential weak points. Since this kind of analysis is rationalization-oriented, it

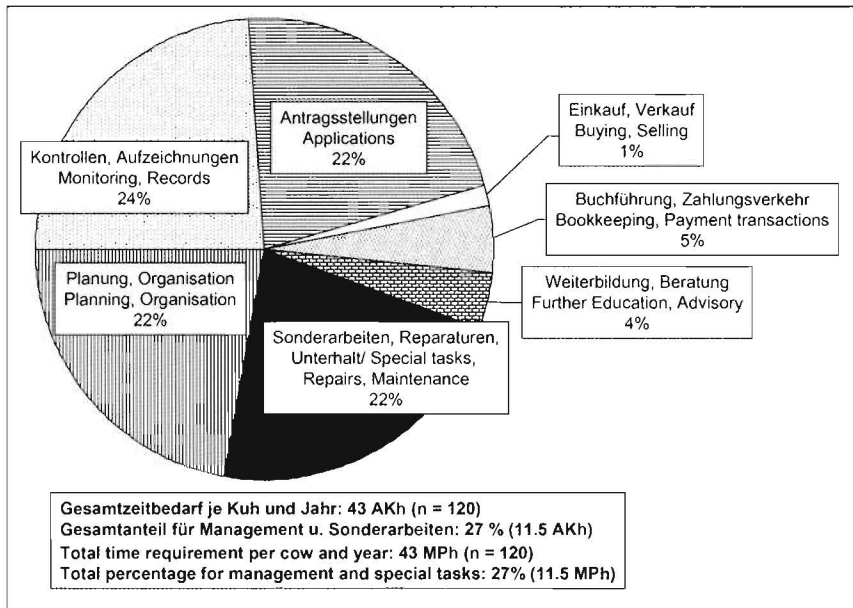


Bild 2: Relative Anteile der einzelnen Management-tätigkeiten und Sonderarbeiten in der Milchviehhaltung

Fig. 2: Proportion of time spent on individual management activities and special tasks

Im Rahmen einer konsequenten schriftlichen Planung wird dabei der vorhandene Ist-Zustand zunächst genau charakterisiert (**Bild 2**). Davon ausgehend sind die Tätigkeiten mit der größten Zeitbindung erkennbar. Im Anschluss daran sind zunächst genau diese Tätigkeiten in Bezug auf ihre möglichen Schwachstellen zu analysieren. Diese Art der Analyse hat durch ihren Rationalisierungs- immer auch einen Optimierungscharakter, da im Anschluss entweder Tätigkeiten anders ausgeführt, delegiert oder auch eliminiert werden. Dabei sind die drei Fragestellungen der Notwendigkeit, der Selbsterledigung und der optimalen Ausführung jedes Mal in Form einer Tätigkeits- und Schwachstellenanalyse nacheinander abzuarbeiten, um das gewünschte Rationalisierungspotenzial offenzulegen [47 bis 57].

Kalkulations- und Bewertungssysteme

Der Einsatz von Kalkulations- und Bewertungsmethoden zur Arbeits- und Zeitplanung auf dem modernen Landwirtschaftsbetrieb erscheint im Rahmen einer sich verändernden Landwirtschaft mit immer weniger verfügbaren Arbeitskräften zunehmend notwendig [58; 59]. Ein positiver Nutzen aller eingesetzten Methoden ist aus der arbeitswirtschaftlichen Sichtweise schnell erkennbar [60]. Die Kombination von Zielsetzung, Tätigkeitsanalyse, ständigem Hinterfragen und Ist-Soll-Vergleichen stellt sich als vorteilhafte, praxisnahe und kostenneutrale Lösung zur Effizienzsteigerung heraus.

is always also oriented towards optimization because afterwards activities are carried out differently, delegated, or eliminated. During this process, the three questions of necessity, work completion by the farmer, and optimal execution must be addressed one after the other in the form of activity and weak-point analysis in order to discover the desired rationalization potential [47 to 57].

Calculation and evaluation systems

Given the changes in the agricultural sector and a continuous reduction of the available workforce, it is becoming more and more necessary to use calculation and evaluation methods for work and time planning on the modern farm [58; 59]. The benefit of all methods applied can be distinguished quickly from the viewpoint of labour management [60]. The combination of goal setting, activity analysis, constant questioning, and comparisons of actual and target situations proves to be an advantageous, practical, and cost-neutral solution in order to increase efficiency. Process-technological optimization requires prior checks of the capacity utilization of the new equipment to be purchased. For this reason, this approach preferably suggests itself for cooperative work planning [61].

An increase in work productivity and the capacity exploitation of high-quality key equipment is a main goal of operational optimization. Agricultural machines as

Bei der verfahrenstechnischen Optimierung ist vorher die Auslastung der zu beschaffenden neuen Techniken zu überprüfen. Daher bietet sich dieser Ansatz vorzugsweise bei der überbetrieblichen Arbeitsplanung an [61]. Die Steigerung der Arbeitsproduktivität sowie die Auslastung hochwertiger Schlüsseltechnik ist ein wesentliches Ziel der betrieblichen Optimierung. Unter Nutzung von satellitengestützten Signalen und des ISOBUS erfassen landwirtschaftliche Maschinen sowie die Prozesstechnik in der Innenwirtschaft zunehmend automatisiert Zeitdaten. Mit diesen Daten lassen sich Verfahrensketten und Arbeitsabläufe planen und deren Produktivität vergleichen. Unter Einbeziehung der Landmaschinenindustrie erarbeitet die mit Experten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz besetzte KTBL-Arbeitsgruppe „Arbeitswirtschaftliche Grundlagen“ eine neue Zeitgliederung für landwirtschaftliche Arbeitsverfahren. Diese baut auf bekannten Zeitgliederungen (MPI, KTBL und TGL 22289) auf und soll künftig als Standard dienen, der sowohl von den Landmaschinen-, Landtechnik- und Softwareherstellern als auch von den Anbietern von Planungsdaten für landwirtschaftliche Arbeiten der Innen- und Außenwirtschaft in Deutschland, der Schweiz und Österreich genutzt wird. Besondere Beachtung soll auch die Abbildung zunehmender Tätigkeiten im Bereich Führung, Dokumentation und Kontrolle finden. Die neue Zeitgliederung wird derzeit im Praxiseinsatz getestet.

Arbeitsplatzbedingungen

Im Bereich der Arbeitsplatzbedingungen und den damit zusammenhängenden Fragestellungen der Ergonomie befassen sich derzeitige Forschungsvorhaben intensiv weiterhin mit physischen Belastungskomponenten beim Melken, bei der Schweinehaltung und im Gemüsebau [62; 63]. Die Reduktion von körperlicher Belastung bei sich häufig wiederholenden Tätigkeiten ist dabei neben den methodischen Aspekten immer als Hauptziel gegeben [64 bis 80]. Als Methoden stehen dabei kausale Erfassungsverfahren und finale Bewertungssysteme zur Auswahl [81 bis 91].

Weitere Arbeiten beschäftigen sich mit den Mensch-Maschine-Interaktionen. Der Lärm als auch Körperschwingungen bei Arbeiten in der Innenwirtschaft (etwa im Melkstand) sind ein weiteres aktuelles Forschungsthema, wobei hier die Einflüsse sowohl auf den Menschen als auch auf das Tier zu untersuchen sind. Eine umfassende ergonomische Darstellung zu Arbeitsplätzen in der Landwirtschaft wird im Handbuch der Arbeitsmedizin vorgestellt [81].

well as process equipment in livestock farming collect time data in a more and more automated manner using satellite signals and ISOBUS. These data allow process chains and work processes to be planned and their productivity to be compared. In cooperation with the agricultural machinery industry, the KTBL working group “Fundamentals of work management”, which consists of experts from Germany, Austria, and Switzerland, is developing a new time structure for agricultural work techniques. This structure is based on known time structures (MPI, KTBL, and TGL 22289). In the future, it is intended to serve as a standard which will be used by agricultural machinery and software manufacturers as well as the suppliers of planning data for work in livestock and arable farming in Germany, Switzerland, and Austria. The modelling of the increasing activities in management, documentation, and control will be given particular attention. The new time structure is currently being tested in practice.

Workplace conditions

With regard to workplace conditions and the ergonomic questions involved, current research projects continue to work intensively on physical stress components during milking as well as in pig husbandry and vegetable cultivation [62; 63]. The reduction of physical stress during frequent repetitive activities is always a main goal in addition to methodological aspects [64 to 80]. The methods available for this purpose are causal registration techniques and final evaluation systems [81 to 91].

Other studies are addressing man-machine interaction. Noise as well as body vibrations during work in livestock farming (e.g. in the milking parlour) are another important current research topic. Here, influences on both man and animals must be examined. A comprehensive ergonomic description of workplaces in agriculture is presented in the Manual of Occupational Medicine [81].

A fundamental scientific study on mental stress components in agriculture is not yet available.

Work safety

The improvement of work safety and, hence, the improved detection of personal performance reduction, accidents, and ill health are an important research goal in work science. Once again, it is necessary to separate physical and mental stress components in order to realize meaningful scientific studies. Recent studies in this

Eine grundlegende wissenschaftliche Untersuchung psychischer Belastungskomponenten in der Landwirtschaft steht weiterhin aus.

Arbeitssicherheit

Die Verbesserung der Arbeitssicherheit und damit die verbesserte Erkennung von personenbezogenem Leistungsabfall, Unfällen und Gesundheitsschädigungen ist ein wesentliches arbeitswissenschaftliches Forschungsziel. Auch hier ist wieder die Trennung in physische und psychische Beanspruchungskomponenten vorzunehmen, um aussagekräftige Forschungsarbeiten zu realisieren. Neue wissenschaftliche Arbeiten beschäftigen sich diesbezüglich mit den Fragestellungen der sicheren Anbringung von Ohrmarken bei Mutterkühen, der Entwicklung und der Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen und der Erarbeitung von Risikofaktoren in der Landwirtschaft [92 bis 99].

Ausblick

Abgesicherte arbeitswissenschaftliche Kennzahlen stehen zukünftig in zeitgemäßen Datenbankformaten vermehrt international austauschbar zur Verfügung. Entsprechende Netzwerke sind in der Entstehung. Die ergonomische Forschung beschäftigt sich derzeit noch zu stark mit den physischen Belastungen. Für die Zukunft sollten wichtige psychische Belastungskomponenten vermehrt in die Untersuchungen einbezogen werden.

field address the safe earmarking of mother cows, the development and acceptance of driver assistance systems, and the description of risk factors in agriculture [92 to 99].

Outlook

In the future, reliable work-scientific figures will more and more become available for international exchange in modern database formats. The necessary networks are developing. Ergonomic research is currently still focusing too much on physical stress. In future studies, important mental stress components should be given more attention.

Literatur / Bibliography

- [1] *Kaila, E., und V.-M. Tuure:* Labour time consumption in farm planning and management. TTS tutkimuksen tiedote 616 (2009), H. 7, S. 1-6
- [2] *Grothmann, A., et al.:* Automatische Fütterungssysteme (AFS) – Optimierungspotenzial im Milchviehstall. Landtechnik 65 (2010), H. 2, S. 129-131
- [3] *Riegel, M., M. Schick und W. Hartmann:* Arbeitszeitbedarf in der Mutterkuhhaltung. Landtechnik 62 (2007), H. 5, S. 344-345
- [4] *Frisch, J., et al.:* Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs am Beispiel des Wiegens bei Mastschweinen. Landtechnik 63 (2008), H. 2, S. 110-111
- [5] *Riegel, M., M. Schick und W. Hartmann:* Arbeitszeit- und Investitionsbedarf für Weideeinrichtungen. Landtechnik 64 (2009), H. 1, S. 45-47
- [6] *Riegel, M., M. Schick und W. Hartmann:* Arbeitszeitbedarf in der Rinderhaltung. Landtechnik 64 (2009), H. 5, S. 363-366
- [7] *Quendler, E., et al.:* Arbeitswirtschaftliche und ökonomische Analyse verschiedener Abferkelsysteme. Die Bodenkultur 61 (2010), H. 1, S. 29-37
- [8] *Quendler, E., et al.:* Performance, labour, economic aspects of different farrowing systems. CIGR Ejournal, XI (2009), S. 1-9
- [9] *Quendler, E., et al.:* Wirtschaftlichkeit verschiedener Abferkelbuchten. Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 21-23. September 2009, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Berlin, S. 137-142
- [10] *Quendler, E., et al.:* Work quality assessment of different farrowing systems. Technology and management to ensure agriculture, agro-systems, forestry and safety. XXXIII CIOSTA-CIGR Section V Conference Proceedings, XXXIII CIOSTA-CIGR Section V Conference, 17.-19. June 2009, University of Reggio Calabria, Reggio Calabria, S. 559-564
- [11] *Quendler, E., et al.:* Performance, labour, economic aspects of different farrowing systems. Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems, 15.-17. September 2008, Ragusa-Ibla, S. 128
- [12] *Quendler, E., et al.:* Comparison of farrowing system labour times. Development for Machines and Installations designed to Agriculture and Food Industry, Agriculture and Engineering – complying with the European requirements. Symposium of IMATEH 2008, 28.-29. Januar 2008, INMATEH, Bukarest, S. 145-149
- [13] *Vogt-Kaute, W., C. Gaio und U. Klöble:* Gebäudekosten und Arbeitszeitbedarf für die ökologische Legehennenhaltung. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, 11.-13. Februar 2009. Band 2: Tierhaltung, Agrarpolitik und Betriebswirtschaft, Märkte und Lebensmittel. Verlag Dr. Köster, Berlin, 2009
- [14] *Vogt-Kaute, W., et al.:* Gebäudekosten und Arbeitszeitbedarf für die ökologische Legehennenhaltung. KTBL-Fachinformation, 2010
- [15] *Moriz, C.:* Arbeitszeit Milchviehhaltung. UFA-Revue, (2008), H. 1, S. 7-8
- [16] *Moriz, C.:* Gewinnbringend fällen, rücken und bündeln. Beim Holzen haben Bauern lange Zeit nicht viel verdient. Thurgauer Bauer (2008), H. 45, S. 23
- [17] *Moriz, C.:* Holz aus dem Bauernwald. Arbeits- und betriebswirtschaftliche Aspekte. ART-Schriftenreihe (2008), H. 7, S. 81-86
- [18] *Moriz, C., und D. Goldberg:* Arbeitszeitbedarf im bäuerlichen Forst (ART-Berichte Nr. 701). Schweizer Landtechnik 70 (2008), H. 11, S. 39-46
- [19] *Riegel, M., et al.:* Arbeitszeitbedarf in der ökologischen Mastschweinehaltung. Landtechnik 64 (2009), H. 2, S. 116-118
- [20] *Schick, M.:* Futtererntetechnik im Wandel. Schweizer Landtechnik 71 (2009), H. 1, S. 4-6
- [21] *Schick, M.:* Investition in neue Melktechnik. Schweizer Landtechnik 71 (2009), H. 3, S. 16-19
- [22] *Schick, M.:* Vor- und Nachteile verschiedener Melkverfahren aus der Sicht der Arbeitswirtschaft. ART-Schriftenreihe (2009), H. 9, S. 49-58
- [23] *Schick, M., und P. Savary:* 2. Täglicher Melktechniktage. Tiergerechtes Melken – Menschengerechte Arbeit – Wirtschaftliche Milchproduktion. ART-Schriftenreihe (2009), H. 9, S. 113
- [24] *Riegel, M., und M. Schick:* Working-Time Requirement when using Films and Fleeces for Forcing Outdoor Vegetables. 16. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG-Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau. 9.-10. März 2009, Potsdam. Bornimer Agrartechnische Berichte Nr. 66 (2009), S. 100-106
- [25] *Schick, M., M. Riegel und W. Hartmann:* Arbeitszeitbedarf in der Milchviehhaltung. 16. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG-Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau. 9.-10. März 2009, Potsdam. Bornimer Agrartechnische Berichte Nr. 66 (2009), S. 182-187
- [26] *Savary, P., R. Hauser und M. Schick:* Einsatz von Sägemehl und Hobelspänen im Liegebereich von Mastschweinen. Beurteilung der Gleichwertigkeit zu Stroheinstreu. ART-Bericht Nr. 707; Schweizer Landtechnik 71 (2009), H. 5, S. 41-46
- [27] *Schick, M., und C. Moriz:* Einsatz von automatischen Melkssystemen unter kleinstrukturierten Bedingungen. Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2009 „Technik in der Rinderhaltung, Emissionen, Rahmenbedingungen für die Schweinehaltung“, 27. und 28. Mai 2009, Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, S. 1-4

- [28] *Schrade, S., M. Keck und M. Schick*: Arbeitszeitbedarf in der Mutterkuhhaltung unter kleinstrukturierten Produktionsbedingungen. Werte – Wege – Wirkungen: Biolandbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, 11.-13. Februar 2009, Zürich. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, S. 276-279
- [29] *Schick, M.*: Arbeitsfalle Milchviehbetrieb? Landwirtschaftsforum Rinderfachtagung 2009, S. 4-6
- [30] *Moriz, C., B. Lehmann und W. Meier*: Betriebsführungsarbeiten erfassen und planen. Agrarforschung 15 (2008), H. 6, S. 288-293
- [31] *Moriz, C., und A. Mink*: Tâches de gestion d'exploitation en grandes cultures. Rapport ART 718. Technique Agricole (2010), H. 3, S. 84-97
- [32] *Auernhammer, H., und C. Braunreiter*: Telemetrische Erfassung von Standort- und Verhaltensdaten extensiv gehaltener Viehherden und deren Analyse zur Abschätzung des Potenzials für ein nachhaltiges Landschaftsmanagement. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben AZ: 23781-34 Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück, 2008
- [33] *Braunreiter, C., G. Steinberger und H. Auernhammer*: Analyse von raumbezogenen Verhaltensdaten frei weidender Rinder. Landtechnik 63 (2008), H. 1, S. 36-37
- [34] *Braunreiter, C., H. Auernhammer und G. Steinberger*: Potentials of Spatio-Temporal Behaviour Data of Cattle in Alpine Pasture Farming. ASABE Annual International Meeting Providence RI (USA), St. Joseph, 2008, Paper-No. 08-4897
- [35] *Steinberger, G., M. Rothmund und H. Auernhammer*: Mobile farm equipment as a data source in an agricultural service architecture. Computer and Electronics in Agriculture 27 (2009), H. 65, S. 238-246
- [36] *Spreng, V., H. Bernhardt und H. Auernhammer*: Precision Livestock Farming – Anwendungsmöglichkeiten in der Kälberhaltung. In: 9. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2009, 21.-23. September 2009, Berlin, S. 107-112 (ISBN: 978-3-941583-27-6)
- [37] *Karttunen, J., und M. Lätti*: Efficiency and well-being for dairy cattle farms. TTS tutkimuksen tiedote 2 (2009), H. 611, S. 1-12
- [38] *Karttunen, J., und V.-M. Tuure*: Organizing labour on farms. TTS tutkimuksen tiedote 4 (2008), H. 607, S. 1-8
- [39] *Luoma, T., E. Kaila und V.-M. Tuure*: Management of labour time on farms. 16. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG-Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, 9.-10. März 2009, Potsdam. Bornimer Agrartechnische Berichte (2009), H. 66, S. 85-91
- [40] *Lätti, M., et al.*: Work efficiency, working methods, work load and conditions in shed and hall breeding of mink. TTS tutkimuksen julkaisu 403 (2008), S. 1-136
- [41] *Lätti, M., et al.*: Work efficiency, working methods, work load and conditions in shed and hall breeding of mink. TTS Forsknings publikationer 405 (2008), S. 1-136
- [42] *Tuure, V.-M., und P. Suomi*: Maatalouskoneiden viljelijää palveleva automaatio. English summary: Tractor-machinery automation for driver assistance. TTS tutkimuksen tiedote 5 (2008), H. 608, S. 1-6
- [43] *Haidn, B., und J. Mačuhová*: Arbeitsorganisation in bayrischen Milchviehbetrieben – Analyse und Entwicklungen. In: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern. Landtechnisch-bauliche Jahrestagung, 25. November 2009, Triesdorf, Tagungsband, S. 37-53
- [44] *Quendler, E., et al.*: Arbeitswirtschaftliche und ökonomische Aspekte der Babyferkelproduktion im Großbetrieb. 16. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG-Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, Bornimer Agrartechnische Berichte (2009), Nr. 6, S. 195-202
- [45] *Quendler, E., et al.*: Arbeitswirtschaftliche und ökonomische Analyse verschiedener Abferkelbuchten. 15. Freiland-Tagung/22. IGN-Tagung, Tierhaltung in Forschung und Praxis, 25.-26. September 2008, Veterinärmedizinische Universität Wien, S. 55-59
- [46] *Moriz, C., und M. Holpp*: Der Laptop hilft im Stall mit. Melktechnik-Serie (4/8): Herdenmanagement-Software. Schweizer Bauer 162 (2008), H. 7
- [47] *Lorencowicz, E., und J. Figurski*: Fuel costs versus area and equipment of family farms (in polish). Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu (2008), H. 6, S. 69-72 (ISSN 1508-3535)
- [48] *Lorencowicz, E., und J. Figurski*: Changes in Technical equipment and European Union grants in chosen farms of Lublin Province (in polish). Annales UMCS, Agricultura 63 (2008), H. 2, S. 28-37
- [49] *Lorencowicz, E., und J. Figurski*: Evaluation of computer and Internet utilization in individual farms (in polish). Acta Scientiarum Polonorum, Technica Agraria 7 (2008), H. 3-4, S. 29-34
- [50] *Lorencowicz, E., und J. Uziak*: Tractor work input in selected family farms. III International Scientific Symposium "Farm Machinery and Process Management in Sustainable Agriculture" Tome 2. Gembloux, Belgium, November 2008 (ISBN 978-2-87286-061-6), S. 110-116
- [51] *Figurski, J., und E. Lorencowicz*: Employment and changes of size of chosen agricultural farms in Lubelskie province. IV International Scientific Symposium "Farm Machinery and Process Management in Sustainable Agriculture". Lublin, Poland, November 2009 (ISBN 83-922409-4-4), S. 21-22
- [52] *Lorencowicz, E.*: Intensity of production organization versus level of mechanization in selected farms in the Lublin region (in polish). Journal of Agribusiness and Rural Development 12 (2009), H. 2, S. 111-117
- [53] *Auernhammer, H., und V. Spreng*: Improved precision calf rearing by the use of networked feeding and monitoring

- systems. In: Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering, XXXVII Brazilian Congress of Agricultural Engineering, International Livestock Environment Symposium – ILES VIII, August 31 to September 4, 2008, Icuassu Falls City, Brazil, CD-ROM
- [54] Heckmann, M., et al.: Measuring and interpreting load spectra in the hydrostatic traction drive of a self-propelled forage harvester. VDI-MEG-Tagung Landtechnik 2009, Hannover. In: VDI-Berichte Nr. 2060, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2009, S. 489-494
- [55] Geyer, M., und M. Jakob: Mechanization in horticulture, possibilities and constraints. Bornimer Agrartechnische Berichte (2009), H. 66, S. 14-21
- [56] Schick, M.: Arbeitsspitzen meistern. UFA-Revue (2010), H. 1, S. 40-43
- [57] Schick, M.: Steigerung der Effizienz durch Optimierung der arbeitswirtschaftlichen Abläufe im Betrieb. ALB-Fachtagung, 11. 3. 2010, Hohenheim, S. 33-41
- [58] Kaila, E.: TTS-Manager – tool for the labour time planning on farms. Teho 2 (2008), S. 4-5
- [59] Quendler, E.: Lösungsansätze durch Modellierung bei landtechnischen Untersuchungen. Universität für Bodenkultur, Wien, 2009
- [60] Schick, M., M. Riegel und R. Stark: Bewertung der körperlichen Arbeitsbelastung in einem computergestützten Arbeitsvoranschlagsystem. 16. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG-Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau. 9.-10. 3. 2009, Potsdam. Bornimer Agrartechnische Berichte (2009), Nr. 66, S. 157-162
- [61] Schick, M., R. Stark und M. Riegel: Methodik der Arbeitsanalyse am Beispiel verschiedener Verfahren der Milchviehhaltung. KTBL-Tagungsband, 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt, Berlin, 2009, S. 398-403
- [62] Tuure, V.-M., und S. Alasuutari: Reducing work load in neck-shoulder region in parlor milking. 16. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG-Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, 9.-10. 3. 2009, Potsdam. Bornimer Agrartechnische Berichte (2009), Nr. 66, S. 48-54
- [63] Tuure, V.-M., S. Alasuutari und P. Kallionpää: The effect of dimensioning the working place and the weight of the milking unit on physical stress in parlor milking. TTS tutkimuksen tiedote 10 (2009), H. 619, S. 1-12
- [64] Karltonen, J. P., und R. H. Rautiainen: Work Ability Index among Finnish Dairy Farmers. Journal of Agricultural Safety and Health 15 (2009), H. 4, S. 353-364
- [65] Tuure, V.-M.: Man-machine cooperation in tractor-machinery automation. Teho (2008), H. 2, S. 13-15
- [66] Kauke, M., und P. Savary: Eine laute Melkmaschine beunruhigt die Kühe. Melktechnik-Serie 7/8, Schweizer Bauer 162 (2008), H. 6
- [67] Kauke, M., et al.: Analysis and assessment of workload in different milking systems using CUELA. Book of abstracts. International Conference on Agricultural Engineering & Industry Exhibition. Agricultural and Biosystems Engineering for a Sustainable World, 23.-25. 06. 2008, Hersonnissos, Crete – Greece
- [68] Kauke, M., et al.: Analyse und Bewertung von Arbeitsbelastungen in der Landwirtschaft am Beispiel des Arbeitsverfahrens Melken. Tagung über Unfallverhütung, 26.-27. August 2008, Bettlach, Schweiz, S. 71-78
- [69] Kauke, M., et al.: Lärm und Vibrationen im Melkstand – Auswirkungen auf das Tier. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2008. KTBL-Schrift 471, Darmstadt, 2008, S. 89-96
- [70] Kauke, M., et al.: Analysis and assessment of Workload in Different Milking Systems using CUELA. 4th Annual Symposium of the PhD Program in Sustainable Agriculture, 30th October 2008, Tänikon, S. 9
- [71] Kauke, M., et al.: Analysis and Assessment of Workloads via CUELA using the example of the milking procedure. 16. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG-Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau. 9.-10. März 2009, Potsdam. Bornimer Agrartechnische Berichte, (2009), H. 66, S. 22-30
- [72] Kauke, M., et al.: Arbeitsbelastung beim Melken. ART-Schriftenreihe 9, 2. Tänikoner Melktechniktagung, 25.-26. März 2009, S. 59-68
- [73] Kauke, M., und P. Savary: Lärm und Vibrationen beim Melken. Auswirkungen auf Tier und Mensch. ART-Berichte 720 (2010), S. 1-8
- [74] Kauke, M., und P. Savary: Bruit et vibrations lors de la traite. Effets sur l'homme et l'animal. Rapports ART 720 (2010), S. 1-8
- [75] Kauke, M., und P. Savary: Lärm und Vibrationen im Melkstand – Auswirkungen auf das Tier. Agrarforschung Schweiz 3 (2010), H. 1, S. 96-101
- [76] Kauke, M., und P. Savary: Effet du bruit et des vibrations de la salle de traite sur l'animal. Recherche Agronomique Suisse 3 (2010), H. 1, S. 96-101
- [77] Kauke, M., et al.: Milking Technology on Modern Dairy Farms – Assessment from the User's Perspective. XVIIth CIGR Word Congress, 13.-17. June 2010, Québec City, Canada. Submitted and accepted for publication
- [78] Kauke, M., et al.: Workload on modern dairy farms – Assessment from the user's perspective. XVIIth CIGR Word Congress, 13.-17. June 2010, Québec City, Canada. Submitted and accepted for publication
- [79] Kauke, M., et al.: Using the CUELA System to study workload in agriculture. XVIIth CIGR Word Congress, 13.-17. June 2010, Québec City, Canada. Submitted and accepted for publication
- [80] Kauke, M., et al.: Analysis and Assessment of Workload in Different Types of Milking Parlours using the CUELA-System. XVIIth CIGR Word Congress, 13.-17. June 2010, Québec City, Canada. Submitted and accepted for publication

- [81] *Rieger, M. A., et al.*: Arbeitsplätze in der Landwirtschaft. In: Handbuch der Arbeitsmedizin. ecomed Verlag, Landsberg/Lech, 2005, Kapitel IV - 9.12.1, S. 1-30
- [82] *Jakob, M., und F. Liebers*: Ergonomie im Melkstand. Landtechnik 65 (2010), H. 1, S. 24-26
- [83] *Jakob, M., und F. Liebers*: Melkarbeitsplätze ergonomisch gestalten. Der fortschrittliche Landwirt (2010), H. 2, S. 10-11
- [84] *Jakob, M.*: Problem Arbeitshöhe. Neue Landwirtschaft 20 (2009), H. 7, S. 63-65
- [85] *Jakob, M., F. Liebers und S. Rose-Meierhöfer*: Hinweise zur ergonomischen Gestaltung von Melkarbeitsplätzen, Tagungsband der 10. Jahrestagung der WGM, Dresden-Pillnitz, September 2009
- [86] *Jakob, M., F. Liebers und S. Behrendt*: Body Posture Variation during Machine Milking Regarding Different Ergonomic Settings. Proceedings of the 17th IEA Congress, Beijing, China, August 2009
- [87] *Jakob, M., F. Liebers und S. Behrendt*: The Influence of Working Heights and Weights of Milking Units on the Body Posture of Female Milking Parlour Operatives. CIGR E-journal, 2009
- [88] *Jakob, M., F. Liebers und S. Behrendt*: A Biomechanics Workload Assessment of Female Milking Parlour Operatives. Contemporary Ergonomics, Taylor & Francis Group (2009), S. 405-413
- [89] *Jakob, M., F. Liebers und S. Behrendt*: Body posture variation during machine milking regarding weight of milking unit and working height-experimental study. Bornimer Agrartechnische Berichte (2009), H. 66, S. 31-37
- [90] *Liebers, F., M. Jakob und S. Behrendt*: Physical load during machine milking regarding weight of the milking unit and working level – experimental study. Bornimer Agrartechnische Berichte (2009), H. 66, S. 38-47
- [91] *Jakob, M., und U. Steinberg*: Anwendung der Leitmerkalmethode für manuelle Arbeitsprozesse in Landwirtschaft und Gartenbau. Landtechnik 63 (2008), H. 1, S. 50-51
- [92] *Lätti, M.*: Observing safety when driving an ATV. TTS tutkimuksen tiedote 613 (2009), H. 4, S. 1-12
- [93] *Mattila, T., et al.*: Motivators and barriers for safety interventions in maintenance and repair of farm machinery and buildings. TTS tutkimuksen tiedote 620 (2010), H. 1, S. 1-6
- [94] *Palva, R., et al.*: Safe ear tagging of bovine cattle. TTS tutkimuksen tiedote 605 (2008), H. 2, S. 1-8
- [95] *Palva, R., et al.*: Occupational accidents at ear tagging of bovine cattle. 16. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG-Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, 9.-10. 03. 2009, Potsdam. Bornimer Agrartechnische Berichte (2009), H. 66, S. 69-75
- [96] *Quendler, E., et al.*: Fahrerassistenzsystem zur Detektion von Kindern. VDI-MEG-Tagung Landtechnik, 25.-26. 09. 2008, Stuttgart-Hohenheim. In: VDI-Berichte 2045, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2009, S. 373-386
- [97] *Quendler, E., et al.*: Child Safety Driver Assistant System and Its Acceptance. Journal of Agromedicine 14 (2009), H. 2, S. 82-89
- [98] *Quendler, E., et al.*: Child Safety Driver Assistant System and Its Acceptance. Public Health & the Agricultural Rural Ecosystem, Capturing the health and safety impact of the profound changes sweeping agriculture and rural life. 6th International Symposium, 19.-23. October 2008, Saskatoon, Canada, S. 30
- [99] *Quendler, E., et al.*: Driver Assistant System to Protect Kids. International Conference on Agricultural Engineering, 23.-25. June 2008, Hersonissos, S. 67

2.7 Qualitätssicherung (Rückverfolgbarkeit) in der Innenwirtschaft

Quality assurance (traceability) in livestock farming

H. Bernhardt, Freising-Weihenstephan

Einleitung – Qualitätssicherung in der Innenwirtschaft

Die Qualitätssicherung mit ihrem Teilaspekt Rückverfolgbarkeit hat in den letzten Jahren enorme Bedeutung für die Innenwirtschaft erlangt. Der Qualitätsaspekt ist eigentlich schon immer grundlegend mit dem landwirtschaftlichen Verständnis von Produktion verbunden, denn ohne das Erreichen der vom Markt verlangten Qualität ist keine langfristige Vermarktungssicherheit möglich. Dieses Basisverständnis ist in der Vergangenheit durch verschiedene Lebensmittelskandale in eine heftige gesellschaftliche Diskussion geraten und wurde nicht mehr allgemein von den Verbrauchern in seiner Kernaussage wahrgenommen. Um das Verbrauchervertrauen zurückzugewinnen, wurden sowohl vom Gesetzgeber über das EU-Hygienepaket [1; 2] als auch vom Handel über die Organisation von Handelsnormen Gegenmaßnahmen ergriffen. Der Bereich des europäischen Lebensmittelrechts befindet sich nach den tiefgreifenden Änderungen nun in einer Konsolidierungsphase, in der die angestrebten Strukturänderungen in der Lebensmittelkette umgesetzt werden [3].

Die Handelsnormen wie etwa QS (Qualität und Sicherheit), GlobalGap oder IFS (International Food Standard) befinden sich derzeit ebenfalls in einer Konsolidierungsphase. Je nach ihrer Ausrichtung fügen die einzelnen Handelsnormen noch entsprechende Module hinzu. IFS deckt inzwischen auch die Bereiche Logistik und reinen Lebensmittelhandel ab [4]. Bei GlobalGap wird versucht, die tierische Produktion komplett abzudecken, was sich durch die ersten Zertifikate im Bereich Putenmast zeigt [5]. Außerdem wird auch bei GlobalGap nun eine Verbraucherinformation durch die Angabe der „GlobalGap-Nummer (GGN)“ auf der Verpackung möglich [6]. Auch die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Normen wird verbessert [7]. Doch wird auch diskutiert, ob die Handelsnormen für den Lebensmittelbereich nicht ein zusätzliches Markthindernis darstellen [8], wie etwa bei der Vermarktung von Altkühen, bei denen regional vom Abnehmer Druck in Richtung QS ausgeübt wird [9].

Allgemein ist in der Innenwirtschaft zu beobachten, dass auch immer öfter Methoden des klassischen Qualitätsmanagements wie etwa HACCP auf Fragestellun-

Introduction – quality assurance in livestock farming

Quality assurance with traceability as a partial aspect has reached enormous importance for livestock farming in recent years. The quality aspect has actually always been an integral part of the agricultural production concept because reliable long-term marketing is not possible if the quality demanded by the market is not reached. Different food scandals caused severe public discussions about this basic concept, whose core was no longer generally accepted by the consumers. In order to regain the consumers' confidence, the legislator enacted the EU hygiene package [1; 2], and commerce organized trade standards as countermeasures. After deep changes, European food law is now in a consolidation phase, during which the intended structural changes in the food chain are being implemented [3]. The trade standards, such as QS (Quality and Safety), GlobalGap, or IFS (International Food Standard), are currently also in a consolidation phase. Depending on their orientation, the individual trade standards are adding different modules. IFS meanwhile also covers the areas logistics and pure food commerce [4]. GlobalGap is trying to cover the entire area of animal production, which manifests itself in the first certificates in the field of turkey fattening [5]. In addition, GlobalGap now also provides the option of consumer information by indicating the "GlobalGap number (GGN)" on the packaging [6]. Cooperation between the individual standards is also being improved [7]. However, it is also being discussed whether the trade standards in the food area may be an additional marketing obstacle [8] like in the marketing of old cows where buyers exert pressure at the regional level in order to establish quality assurance [9].

In livestock farming in general, one can observe a trend towards the more frequent application of classic quality management methods, such as HACCP, to questions of agricultural quality management [10]. This shows the normalization in the application of the system.



Bild 1: Elektronische Ohrmarke [17]
Fig. 1: Electronic earmark [17]

gen des landwirtschaftlichen Qualitätsmanagements angewendet werden [10]. Dies zeugt von einer Normalisierung des Umgangs mit dem System.

Technische Entwicklungen in der Qualitätssicherung und Rückverfolgbarkeit

Identifizierungssysteme

Ein grundlegender Aspekt zur Umsetzung von Qualitätssicherungssystemen in der Innenwirtschaft ist die eindeutige Identifizierbarkeit der gehaltenen Tiere. Bei Rindern sind elektronische Identifizierungssysteme derzeit am weitesten verbreitet (**Bild 1**). Seit der Änderung der Viehverkehrsordnung 2007 darf auch nach Genehmigung eine der beiden Ohrmarken als elektronische Ohrmarke ausgeführt sein [11].

Seit 1. Januar 2010 ist die elektronische Einzeltierkennzeichnung auch bei Schafen und Ziegen gesetzlich verpflichtend [12]. Untersuchungen zeigen aber, dass hier noch Entwicklungsbedarf besteht. Vier Wochen nach der Erstkennzeichnung zeigen sich Entzündungsraten von 23 bis 58 % bei den verwendeten Knopföhrmarken. Dies kann möglicherweise auf Ohrmarkendesign und Platzierung im Ohr zurückzuführen sein [13].

Bei Mastschweinen würden sich elektronische Ohrmarken zur Rückverfolgbarkeit anbieten. Untersuchungen aus der Schweiz mit verschiedenen elektronischen Ohrmarken in verschiedenen Haltungs- und Produktionssystemen zeigen aber, dass die Verlustraten mit 1,5 bis 4,1 % noch deutlich zu hoch für eine notwendige vollständige Identifizierung sind. Funktionsausfälle spielen dagegen nur eine untergeordnete Rolle [14].

Technical developments in quality assurance and traceability

Identification systems

A basic aspect for the implementation of quality assurance systems in livestock farming is the clear identifiability of the animals kept. Electronic identification systems are currently most widely used for cattle (**Fig. 1**). Since the modification of the Livestock Traffic Decree 2007, one of the two earmarks may be designed as an electronic earmark after approval [11].

Since 1st January 2010, electronic animal identification is legally required also for sheep and goats [12]. However, studies show that development is still needed here. The earmarks used show inflammation rates of 23 to 58% four weeks after initial marking. This can possibly be attributed to the design of the earmark and its location in the ear [13].

For fattening pigs, electronic earmarks would suggest themselves for traceability. However, studies carried out in Switzerland with different electronic earmarks in various housing and production systems show that the loss rates of 1.5 to 4.1% are still considerably too high for necessary complete identification, whereas malfunctions only played a subordinate role [14].

High-frequency RFID transponders are also used for better evaluation of breeding criteria for laying hens. The number of chickens using the yard in free range husbandry proved to fluctuate significantly and showed a decrease with growing herd size. In order to address this problem by means of breeding, the number and the duration of yard visits is intended to be registered for every individual animal. The low-frequency RFID



Bild 2: Breites elektronisches Schlupfloch für Legehennen [15; 16]
Fig. 2: Wide electronic pop hole for laying hens [15; 16]

Auch im Bereich Legehennen werden zur besseren Bewertung von Zuchtkriterien Hochfrequenz-RFID-Transponder eingesetzt. Es hat sich gezeigt, dass die Anzahl der Hühner, die bei Freilandhaltung den Auslauf nutzen, stark schwankt und bei zunehmender Herdengröße abnimmt. Um dies züchterisch zu bearbeiten, soll die Anzahl und Dauer der Auslaufbesuche tierindividuell erfasst werden. Bei den bisher verwendeten Niederfrequenz-RFID-Transpondern musste das Schlupfloch zur Erfassung klein gehalten werden (16 cm Breite x 27 cm Höhe), um eine ausreichende Erkennungssicherheit zu gewährleisten. Dies hat aber wieder Auswirkungen auf das Tierverhalten. Durch den Einsatz von Hochfrequenz-RFID-Transpondern konnte das Schlupfloch auf 70 cm Breite und 35 cm Höhe vergrößert werden (**Bild 2**), wodurch das Tierverhalten deutlich weniger beeinflusst wird. Bei der Untersuchung von über 12.195 Durchgängen wurde eine mittlere Identifizierungssicherheit von 98,9 % erreicht. Die Werte schwanken dabei zwischen 98,1 % und 99,7 % [15; 16].

Bei der für die Tieridentifikation verwendeten RFID-Technik setzen neue Entwicklungen SAW-Transponder (Surface Acoustic Wave) in elektronischen Ohrmarken ein. Hierbei werden anstelle von elektromagnetischen Feldern akustische Oberflächenwellen zur Anregung der Transponder genutzt (**Bild 3**). Die Erkennungsraten im Feldversuch der Transponder liegen im Durchschnitt bei 98,4 %. Die Transponder können in die gleichen Ohrmarkengehäuse eingebaut werden wie die bisherige Technik. Die derzeit vorhandenen Lesegeräte erreichen bereits eine Lesereichweite von 1,5 m [17], womit ein größerer Sicherheitsabstand zum Tier eingehalten werden kann.

Transponder used in the past required the pop hole to be kept small for identification (16 cm (width) x 27 cm (height)) in order to guarantee sufficiently reliable identification. This, however, also affects animal behaviour. The use of high-frequency RFID transponders allowed the pop hole to be enlarged to a width of 70 cm and a height of 35 cm (**Fig. 2**), which influences animal behaviour considerably less. The examination of more than 12,195 passes showed an average identification rate of 98.9%. The values fluctuate between 98.1% and 99.7% [15; 16].

New developments in the RFID technology applied for animal identification use SAW (surface acoustic wave) transponders in electronic earmarks. This technology uses acoustic surface waves instead of electromagnetic fields for the stimulation of the transponders (**Fig. 3**). A transponder field trial showed average identification rates of 98.4%. The transponders can be installed in the same earmark casings as the conventional units. Currently available readers already have a reading range of 1.5 m [17], which allows a greater safety distance from the animal to be kept.

Sensors for animal husbandry

The registration and documentation of the real condition of the animal is a basis for quality assurance. In order to free the farm manager of this time-consuming task, more and more automatic sensors for data documentation are built. Condition monitoring of dairy cows with the aid of 3D-images of the back area [19], sensor-based monitoring systems for the prediction of the time and progress of birth in dairy cows through the regis-

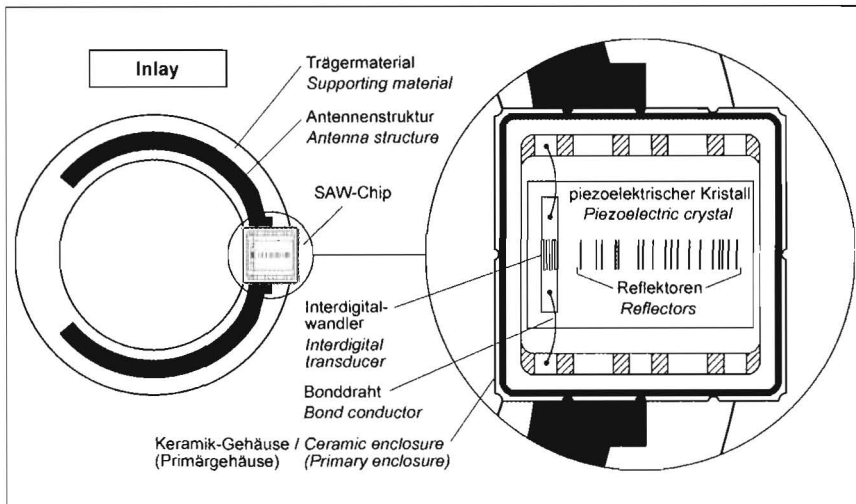


Bild 3: SAW-Transponder [18]
Fig. 3: SAW transponder [18]

Sensoren Tierhaltung

Eine Grundlage der Qualitätssicherung ist die Erfassung und Dokumentation des Ist-Zustandes des Tieres. Um den Betriebsleiter von dieser zeitaufwändigen Aufgabe zu entlasten, werden vermehrt automatische Sensoren zur Datendokumentation entwickelt. Konditionsüberwachung bei Milchkühen über 3D-Aufnahmen der Rückenpartie [19], sensorgestützte Monitoringsysteme zur Vorhersage von Geburtstermin und -verlauf bei Milchkühen über die Erfassung von Fress-, Wasseraufnahme-, Bewegungs- und Liegeverhalten [20] oder der Einbau von Drucksensoren in das Sitzgummi zur Vakuummessung und -steuerung [21] sind Beispiele dafür.

Die Erfassung der Körpertemperatur bei Bullenkälbern über Injektate, die gleichzeitig der Tieridentifikation dienen, fällt auch in diesen Bereich. 90,8 % der gemessenen Werte lagen dabei unterhalb der rektalen Körpertemperatur, was noch weitere Untersuchungen bezüglich des optimalen Standortes und der Datenverrechnung notwendig macht [22]. Außerdem wurde aber wieder ein Aspekt der Injektate deutlich, der eigentlich gegen ihre Verwendung im Bereich Qualitätssicherung spricht, da nach einem Versuchsjahr drei der 36 verwendeten Injektate nicht mehr lesbar waren und hier die Gefahr besteht, dass Glas und Metallteile in die Lebensmittelkette gelangen können [23].

Sensoren zur Qualitätssicherung in der Schweinehaltung werden derzeit hauptsächlich in der Klima- und Abluftsteuerung eingesetzt [24]. Bei Mastschweinen werden verstärkt Sensoren und Identifizierungssysteme erprobt, um über das Tierverhalten und die Besuchsdaten der Futterstation Rückschlüsse auf die Mastleistung zu erhalten [25; 26].

tration of eating, water intake, motion, and lying behaviour [20], or the installation of pressure sensors in the teat liner for volume measurement and control [21] are examples of this development.

The measurement of the body temperature of bull calves with the aid of injectates, which are used for animal identification at the same time, also belongs in this area. 90.8% of the measured values ranged below the rectal body temperature, which requires further studies on the optimal location and data calculation [22]. Once again, however, another aspect of injectates manifested itself which actually speaks against their application in the field of quality assurance because three of the 36 injectates used were no longer legible after one trial year. Thus, the danger exists that glass and metal parts can get into the food chain [23].

Sensors for quality assurance in pig husbandry are currently used primarily for climate and exhaust air control [24]. For fattening pigs, sensors and identification systems are increasingly being tested in order to draw conclusions about fattening performance based on animal behaviour and the data of visits to the feeding station [25; 26].

Date network

The developments in electronic animal identification and animal-related sensors result in the necessity to pool these data in a network together with the production process data. The results of a study in calf husbandry show positive effects on animal health due to timely networking and the provision of management data [27]. The ISOagriNET standard significantly facilitates data networking beyond different manufacturers and systems [28; 29].

Datennetzwerk

Aus den Entwicklungen in der elektronischen Tierkennzeichnung und den tierbezogenen Sensoren ergibt sich die Notwendigkeit, diese Daten mit den Produktionsprozessdaten in einem Netzwerk zusammenzuführen. Ergebnisse aus einer Untersuchung in der Kälberhaltung zeigen positive Effekte auf die Tiergesundheit durch die rechtzeitige Vernetzung und Bereitstellung von Managementdaten [27]. Durch den Standard ISOagrINET wird die Datenvernetzung über verschiedene Hersteller und Systeme hinweg deutlich erleichtert [28; 29].

Literatur / Bibliography

- [1] *Houghton, J., et al.*: The quality of food risk management in Europe: Perspectives and priorities. Food Policy 33 (2008), H. 1, S. 13-26
- [2] • *Kramer, E.*: Europäische und nationale Anforderungen an die Lebens- und Futtermittelhygiene. In: H. Seufert (Hrsg.): Landwirtschaft = QM. Qualitätsmanagement im Lebens- und Futtermittelsektor. DLG-Verlag, Frankfurt, 2008, S. 53-108
- [3] • *David, H., und M. Grube*: Krisenmanagement in der Lebensmittelwirtschaft. Eigenverlag, 2009
- [4] -, IFS (2010), URL <http://www.ifs-certification.com>; Zugang am 2.6.2010, Stichwort: IFS Food, IFS-Logistics, IFS-Broker
- [5] -, GlobalGap (2010), URL <http://www.globalgap.org>; Zugang am 1.6.2010, Stichwort: Pressemeldung – Zertifikat für die Putenmast erstmals vergeben
- [6] -, GlobalGap (2010), URL <http://www.globalgap.org>; Zugang am 30.5.2010, Stichwort: Pressemeldung – Global-Gap-Nummer (GGN) auf Produkten
- [7] -, QS (2010), URL <http://www.q-s.info>; Zugang am 15.5.2010, Stichwort: Kooperation
- [8] *Nadvi, K.*: Global standards, global governance and the organization of global value chains. Journal of Economic Geography 8 (2008), H. 3, S. 323-343
- [9] -, Agrarheute.com (2010), URL <http://www.agrarheute.com>; Zugang 10.3.2010, Stichwort: Milchbauern lehnen QS ab
- [10] *Noordhuizen, J. P. T. M., und J. Cannas da Silva*: HACCP-based quality risk management approach to udder health problems on dairy farms. Irish Veterinary Journal 62 (2009), S. 21-25
- [11] *Schwalm, A., H. Georg und G. Ude*: Elektronische Tierkennzeichnung. Landbauforschung 59 (2009), H. 4, S. 279-286
- [12] Verordnung (EG) Nr. 21/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L5, 9.1.2004, S. 8-17
- [13] *Bauer, U., et al.*: Erste Ergebnisse zur Verträglichkeit elektronischer Kennzeichnungsmedien bei Schafen und Ziegen. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2009, Berlin, 21.-23. September 2009, S. 160-165
- [14] *Burose, F., und M. Zähler*: Verlustrate und Funktionssicherheit von elektronischen Ohrmarken bei Mastschweinen. Landtechnik 64 (2009), H. 4, S. 257-259
- [15] *Thurner, S., et al.*: Identifizierungssicherheit von Legehennen am breiten elektronischen Schlupfloch. Landtechnik 65 (2010), H. 2, S. 139-141
- [16] *Thurner, S., et al.*: Vergleich der Auslaufnutzung von Legehennen mittels unterschiedlicher Schlupflocher mit RFID-Systemen. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2009, Berlin, 21.-23. September 2009, S. 113-118
- [17] *Theis, S., et al.*: Entwicklung eines SAW-basierten RFID-Systems im 2,4-GHz-ISM-Band zur elektronischen Tierkennzeichnung. Landtechnik 65 (2010), (angenommen)
- [18] *Theis, S., et al.*: Erste Ergebnisse zum Einsatz der Mikrowellen-Technologie zur elektronischen Tierkennzeichnung. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2009, Berlin, 21.-23. September 2009, S. 83-88
- [19] *Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft*: Jahresbericht 2009, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, 2010, S. 58
- [20] *Raya, S., et al.*: Sensorgestütztes Monitoring zur Vorhersage des Geburtstermins und des Geburtsverlaufs bei Milchkühen. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2009, Berlin, 21.-23. September 2009, S. 89-94
- [21] *Ströbel, U., S. Rose-Meierhöfer und R. Brunsch*: Viertelindividuelle zitzennahe Vakuummessung mit Drucksensoren zur Entwicklung einer Vakuumsteuerung. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2009, Berlin, 21.-23. September 2009, S. 315-320

- [22] *Georg, H., et al.*: Untersuchung von Injektaten zur elektronischen Tierkennzeichnung mit Temperatursensoren und Überprüfung geeigneter Injektionsorte bei Bullenkälbern. *Landbauforschung* 59 (2009), H. 4, S. 287-294
- [23] *Ude, G., H. Georg und A. Schwalm*: Elektronische Tierkennzeichnung bei Bullenkälbern mit Injektaten und Temperatursensoren. *Landtechnik* 65 (2010), H. 1, S. 31-33
- [24] *Krause, K., et al.*: Mit intelligenter Lüftung gehen Tiergesundheit, Umweltschutz und Energieeinsparung zusammen. *Landtechnik* 65 (2010), H. 1, S. 15-19
- [25] *Leuschner, M.*: Chip-Einzeltierfassung mit digitaler Bildanalyse bei der Großgruppenhaltung von Mastschweinen. In: 9. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2009, Berlin, 21.-23. September 2009, S. 77-82
- [26] *Kindler, A., und O. Kaufmann*: Sensorgestützte Analyse und Modellierung des Futteraufnahmeverhaltens von Mastschweinen. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2009, Berlin, 21.-23. September 2009, S. 327-332
- [27] *Spreng, V., H. Bernhardt und H. Auernhammer*: Precision Livestock Farming – Anwendungsmöglichkeiten in der Kälberhaltung. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2009, Berlin, 21.-23. September 2009, S. 107-112
- [28] *International Organization for Standardization ISO 17532*: 2007: Stationary equipment for agriculture – Data communications network for livestock farming. Geneva, 2007
- [29] *Kuhlmann, A., et al.*: Farming Cell – Ein ISOagriNET-Netzwerk für die Schweinehaltung. *Landtechnik* 64 (2009), H. 4, S. 254-256

3 Gesamtentwicklung Traktoren Agricultural Tractor Development

K. Th. Renius, München, H. Knechtges, Nürtingen, und M. Geimer, Karlsruhe

Marktsituation

Der Umsatz der deutschen Traktorenhersteller fiel infolge der Weltwirtschaftskrise von 3,55 Mrd. € (2008) auf 2,62 Mrd. € (2009). Der erhebliche Rückgang – von allerdings hohem Niveau – beruht vor allem auf den drastisch eingebrochenen Exporten, **Tafel 1** (ab 2003 Exporte mit etwas nach unten verschobener Leistungsgrenze) [1]. Der Inlandsmarkt hielt sich dabei noch relativ gut. Claas konnte bei den Marktanteilen erheblich zulegen (**Tafel 2**), Deutz-Fahr, John Deere, Case-IH/Steyr und MF hatten gewisse Verluste. Der beliebteste Traktor weist inzwischen 140 kW (190 PS) Nennleistung (ECE R 24) auf: der Fendt 820 Vario wurde 925-mal gekauft.

Die indische Produktion erreichte 2008 mit 387.000 Traktoren einen neuen Höchststand mit inzwischen auch nennenswerten Exporten, insbesondere von John Deere/Indien [2]. Die Japaner produzierten im gleichen Jahr 212.224 Traktoren [3] mit einem Wertanteil am Gesamtumsatz Agrartechnik von 53 %. In beiden Fällen waren die Leistungsschwerpunkte nach wie vor niedrig.

Tafel 1: Traktorengeschäft in Deutschland (Stückzahlen), ab 2003 ohne Geländefahrzeuge wie etwa „Quads“. Geringe Nachkorrektur der Neuzulassungen für 2003/4/5/6 [1]

Table 1: Tractor business in Germany (units), as of 2003 without terrain vehicles such as “Quads”. Minor after-corrections of newly registered tractors 2003/4/5/6 [1]

Jahr/Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Produktion Production	44975	46366	53811	51407	59236	54590	58623	80732	65507	46517
Neuzulassungen Newly registered	25965	24795	25649	21866	22110	23492	29015	28451	31250	29484
Exporte Exports	35194	36659	43143	42745	50206	44601	46372	49931	54235	36696
Besitzumschreib. Changing owner	77807	76265	74974	74349	73954	74715	77211	84601	86719	87175

Tafel 2: Marktanteile der größeren Anbieter bei den Traktoren-Neuzulassungen in Deutschland (in % der Gesamtzulassungen) [1]

Table 2: Market shares of the major tractor suppliers in Germany (in % of total registrations in units) [1]

Jahr/Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
John Deere	20,6	20,9	20,8	22,2	21,1	21,2	20,7	19,8	19,8	19,3
Fendt	20,5	19,6	17,7	17,9	17,4	16,8	16,0	17,1	17,2	17,2
Case IH + Steyr	13,0	12,8	13,3	11,7	10,8	8,8	9,1	9,4	10,0	9,6
Deutz-Fahr	7,3	7,7	7,9	9,1	9,7	10,1	10,7	11,5	11,5	10,6
Claas	-	-	-	-	4,5	5,9	5,5	6,8	6,6	7,8
New Holland	7,4	7,3	7,4	7,1	6,1	5,1	6,0	5,6	5,7	5,8
MF	4,5	4,2	4,5	4,5	4,0	4,2	4,4	4,5	4,5	4,0
Same	2,9	2,9	2,9	3,3	2,9	3,0	3,2	2,9	3,2	3,0
Kubota	1,5	1,7	2,1	2,2	3,1	3,0	3,3	3,2	2,8	3,3
Iseki	1,8	1,9	2,0	2,4	2,4	2,9	3,0	2,8	2,5	2,6
Valtra	1,7	2,0	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8
Mercedes-Benz	2,3	2,4	2,3	2,0	1,7	1,9	2,1	1,5	1,5	1,7

Übersichten und Entwicklungsgrundlagen

Die traditionelle Übersicht in der ATZ erschien in [4], eine weitere Arbeit über Marktanforderungen in [5]. Nach [6] ist das Konzept des Standardtraktors noch nicht am Ende. Trends der Agritechnica wurden ferner in [7] beschrieben. Den hohen technischen Stand bei Großtraktoren dokumentiert eine Gesamtdarstellung am Beispiel des Fendt 936 Vario [8].

Das hohe Niveau der Nachhaltigkeit moderner Traktortechnik wurde 2009 im Club of Bologna gewürdigt [9]. In [10] wurde eine Strukturierung der weltweit eingesetzten Traktor-Dieselmotoren in Technologiestufen vorgestellt. Eine Übersicht über technische Maßnahmen zur Einhaltung zukünftiger Dieselmotor-Emissionen wurde aus US-Sicht in [11] und aus Sicht von Claas in [12] gegeben. Nach [12] sind derzeit hier über 50 % der Entwicklungskapazität gebunden. In [13] wird über Felderfahrungen mit einer SCR-Abgasnachbehandlung, in [14] über die Entwicklung eines ABS-Bremssystems berichtet – beides für Traktoren. Nach [9] ist für das Dreiachs-Fahrwerk des Fendt TRISIX gegenüber zwei getriebenen Achsen eine deutliche Verbesserung des Fahrwerkswirkungsgrades zu erwarten. Eine Arbeit aus Ägypten präsentiert statistisch gewonnene Näherungsgleichungen für die Lage von Traktorschwerpunkten [15].

Das von Sauer-Danfoss in [16] vorgestellte hydrostatische leistungsverzweigte Doppeljochgetriebe wurde auf der Bauma 2010 in dem neuen ZF-Getriebe „cPower“ als Prototyp für Radlader gezeigt. ZF erweitert ferner die stufenlose Getriebebaureihe Ecom mit dem Modell 5.0 in den Leistungsbereich von 300 bis 487 kW. Dieses Getriebe

Overviews and development fundamentals

The traditional overview in the ATZ was published in reference [4] and another study on market requirements in reference [5]. According to reference [6], the concept of the standard tractor has not yet reached its limits. Trends at the Agritechnica were described in reference [7]. The high technical standard of large tractors is documented in an overview using the Fendt 936 Vario as an example [8].

The high level of sustainability of modern tractor technology was appreciated by the Club of Bologna in 2009 [9]. A new technological stage structure of tractor diesel engines was presented in reference [10]. An overview of technical measures for the observation of future diesel engine emission limits was given from the US viewpoint in reference [11] and from the viewpoint of Claas in reference [12]. According to reference [12], more than 50% of the development capacity is currently bound here. Reference [13] reports on field experiences with SCR exhaust gas aftertreatment, while reference [14] describes the development of an ABS braking system – both for tractors. According to reference [9], a considerable improvement of chassis efficiency can be expected for the triple-axle chassis of the Fendt TRISIX as compared with two driven axles. A study from Egypt presents statistically gained approximation equations for the position of the centre of gravity of tractors [15].

The hydrostatic-powersplit double-yoke transmission presented by Sauer-Danfoss in reference [16] was shown in the new ZF transmission “cPower” as a prototype for wheeled loaders at the Bauma 2010. In addi-

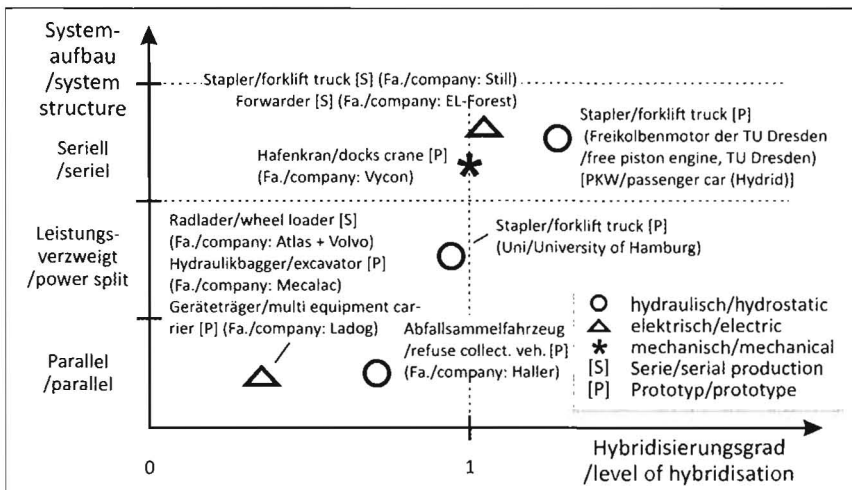


Bild 1: Hybride Antriebskonzepte bei mobilen Maschinen

Fig. 1: Hybrid power trains of mobile machinery

wird erstmalig im Claas Xerion 5000/4500 eingebaut. Die vielfältigen Aktivitäten der Gerätehersteller zum Einbau elektrischer Antriebe stimulieren auch die Traktorerhersteller und deren Zulieferer, elektrisch Leistung nicht nur für den Antrieb der Nebenaggregate, sondern auch für externe Verbraucher zur Verfügung zu stellen. Mit der Hybridisierung von Nutzfahrzeugen werden Komponenten und Systeme entwickelt, die sich auch für Traktoren eignen könnten [17]. Während bei vielen Baumaschinen die zusätzliche Masse eines Energiespeichers als fest montiertes Ausgleichsgewicht fungieren könnte, gibt es beim multifunktionalen Traktor starke Limitierungen durch fehlenden Bauraum und im Interesse hoher Nutzlasten angestrebtes niedriges Leergewicht.

Eine Übersicht über die aktuellen Hybridaktivitäten zeigt **Bild 1**. Sowohl elektrische als auch hydraulische Lösungen stehen im Fokus der Entwicklung. Wenn die Motorleistung wie bei manchen Baumaschinen nur kurzfristig benötigt wird, ermöglicht die Hybridisierung die Auslegung des Antriebs mit einem kleineren Verbrennungsmotor, der weniger anspruchsvolle Abgasgrenzwerte erfüllen muss, besser ausgelastet ist und sich nach [18] schon über die Kraftstoffersparnis amortisiert.

Stufenlose Zapfwellen sind seit längerem eine Vision. Durch die Entkopplung der Zapfwelldrehzahl von der Motordrehzahl ergäben sich Potenziale für Produktivität und Energieeffizienz. Weil Traktoren in einigen Ländern nach Zapfwellenleistung verkauft werden, müssen die CVT-Wirkungsgrade besonders gut sein. Frühere Vorschläge, die 1988 in [19] und 1990 in [20] mit direkten CVTs vorgelegt wurden, scheiterten offenbar hieran. Nun wurde in [21] ein elektrisch-leistungsverzweigtes Zapfwellengetriebe als Prototyp vorgestellt. Dessen Vollast-Wirkungsgrade sollen denen herkömmlicher Zapfwellen sehr nahe kommen. Gleichzeitig werden bei Teillast deutliche Einsparungen durch eine reduzierte Motordrehzahl erwartet. Wenn die Zapfwelle nicht benötigt wird, stünde bei diesem System ferner zusätzlich eine elektrische Leistung von bis zu 55 kW am Traktorheck zur Verfügung.

Technische Entwicklungen bei Traktoren

Die Baureihe 5000 von John Deere (**Bild 2**) erfüllt die in dieser Leistungsklasse weltweit besonders stark divergierenden Kundenanforderungen durch Abdecken mehrerer Technologiestufen [22] so gut, dass man bemerkenswert viele Märkte bedienen kann.

Mit der Komplettierung der 200er-Baureihe (**Bild 3**) baut Fendt nun nur noch Traktoren mit stufenlosen Vario-Getrieben. Der Fendt TRISIX [23] wurde zwischenzeitlich weiter erprobt.

tion, ZF is extending the stepless transmission series Ecom to include model 5.0 for the power range from 300 to 487 kW. This transmission will be installed for the first time in the Claas Xerion 5000/4500.

The various activities of the implement manufacturers aimed at the installation of electric drives are also motivating the tractor manufacturers and their suppliers to provide electric power not only in order to drive ancillary units, but also for external consumers. With the hybridization of utility vehicles, components and systems are being developed which could also be suitable for tractors [17]. In construction machines, the additional mass of an energy store could act as a fixed counterweight. In the multifunctional tractor, however, a lack of construction space and a low empty weight, which is striven for in the interest of high payloads, set strict limits.

Figure 1 provides an overview of the current hybrid activities. The development is focusing on both electric and hydraulic solutions. If rated engine power is only used for short periods of time (like in some construction machines), hybridization allows the drive to be equipped with a smaller combustion engine, which must meet less demanding exhaust emission limits and whose capacity is better exploited. According to reference [18], such an engine can pay off through fuel savings alone.

Stepless PTO-shafts have been a vision for quite some time. The decoupling of the rotational speed of the PTO from engine speed provides potential for productivity and energy efficiency. Since tractors are sold based on their PTO power in some countries, CVT efficiencies must be particularly high. Earlier proposals providing direct CVTs presented in 1988 in reference [19] and in 1990 in reference [20] obviously failed due to this problem. Now, an electric-powersplit PTO transmission has been presented as a prototype in reference [21]. The full-load efficiency of this prototype is reported to come very close to the efficiency of conventional PTOs. At the same time, considerable savings due to reduced engine speed under partial load are expected. If the PTO is not needed, this system would also provide an additional electric output of up to 55 kW at the rear of the tractor.

Technical developments in tractors

The 5000 series from John Deere (**Fig. 2**) meets the highly diverging demands of customers worldwide in this power class so well by covering several technological stages [22] that the manufacturer is able to serve a remarkably large number of markets.



Bild 2: John Deere Baureihe 5000 (in Deutschland 38 bis 71 Nenn-kW ECE R24)

Fig. 2: John Deere series 5000 (in Germany 38 to 71 kW nominal ECE R24)

Zur Entwicklung der neuen großen Claas-Xerion-Traktoren enthält [24] einige Grundgedanken – im Detail insbesondere zur Rahmenauslegung.

Auf der Agritechnica 2009 hatte Case IH für den „Puma CVX 225“ (165 Nenn-kW ECE R 120) ein ABS-System (Prototyp) vorgestellt, das bei der 60-km/h-Ausführung als Standard geplant ist. Hierzu werden in [25] Einzelheiten und erste Fahreindrücke mitgeteilt. Die erstmals von Fendt mit der 900er-Baureihe bei Standardtraktoren eingeführte Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h wird auch von anderen Herstellern angestrebt, teilweise mit trockenen Scheibenbremsen an der Vorderachse.

Mit 253 g/kWh erreichte der von der DLG gemessene MF 8690 mit SCR-Technik einen neuen Kraftstoffverbrauchsbestwert im „Powermix“ [26].

Der russische Hersteller Belarus erregte auf der Agritechnica 2009 mit einem 220-kW-Prototyp Aufsehen, weil dessen Fahrtrieb diesel-elektrisch arbeitet und über eine elektrisch angetriebene Frontzapfwelle (55 kW) verfügt. Eine ähnliche Fahrtriebslösung führt Caterpillar bei Kettendozern ein [27]. Nach Berechnungen



Bild 3: Fendt 200 Vario (44 – 74 Nenn-kW ECE R24)

Fig. 3: Fendt 200 Vario (44 – 74 rated kW ECE R24)

After the completion of the 200 series (Fig. 3), Fendt now only builds tractors with stepless Vario transmissions. The tests of the TRISIX from Fendt [23] have meanwhile continued.

Reference [24] contains some fundamental concepts regarding the development of the new large Claas Xerion tractors. In detail, the focus is on frame design.

At the Agritechnica 2009, Case IH presented an ABS system (prototype) for the „Puma CVX 225“ (165 rated kW ECE R 120), which is planned as standard in the 60 km/h version. Reference [25] describes details of this system and initial driving impressions. The maximum speed of 60 km/h, which has been introduced for the first time by Fendt in the 900 series, is also being striven for by other manufacturers, in some cases with dry disc brakes at the front axle.

In DLG measurements, the MF 8960 with SCR technology reached a new optimum „powermix“ fuel consumption value of 253 g/kWh [26].

The Russian manufacturer Belarus attracted attention at the Agritechnica 2009 with a 220 kW prototype featuring a diesel-electric travel drive and an electrically driven front PTO (55 kW). Caterpillar is introducing a similar drive solution for chain dozers [27]. According to calculations of the first author, however, the efficiency of good powersplit hydrostatic drives cannot be fully reached.

Representing the young tractor brand „Terrion“ (Kirovets), the prototype ATM 7360 (approximately 250 kW) with a Deutz engine, a stepless ZF Ecom 5.0 transmission, and a suspended front axle from Dana was exhibited at the Agritechnica 2009.

According to reference [28], the average horizontal vibration load in the direction of travel is almost twice as high as the vertical vibration load in seven tested tractors. Despite front axle and cab suspension, the horizontal vibration load with a full rigid drawbar trailer is approximately 50% higher than in the compared empty tractors.

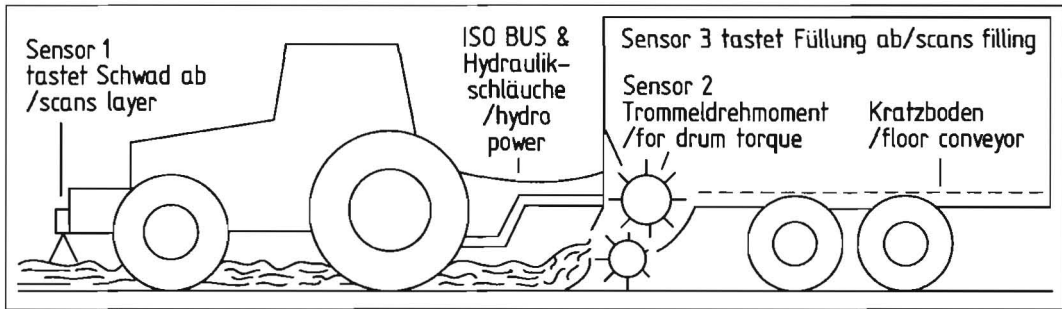


Bild 4: Erste kommerzielle Anwendung des Prinzips „Gerät steuert Traktor“, Beispiel Ladewagen (Pöttinger/J. Deere Agritechnica 2009)

Fig. 4: First commercial application of the principle “implement controls tractor”, example self loading wagon (Pöttinger/J. Deere)

des Erstverfassers sind damit allerdings die Wirkungsgrade guter leistungsverzweigter hydrostatischer Getriebe nicht ganz zu erreichen.

Bei der noch jungen Traktorenmarke „Terrion“ (Kirovets) stand auf der Agritechnica 2009 der Prototyp ATM 7360 (rund 250 kW) mit Deutz-Motor, stufenlosem ZF-Getriebe Ecom 5,0 und gefederter Frontachse von Dana.

Die horizontale Schwingungsbelastung in Fahrtrichtung ist im Mittel bei sieben untersuchten Traktoren nach [28] fast doppelt so hoch wie die vertikale und erreicht trotz Vorderachs- und Kabinenfederung mit vollem Starrdeichselanhänger einen um etwa 50 % höheren Wert als bei den verglichenen leeren Traktoren.

Traktor und Gerät

Hier finden derzeit als Folge der ISOBUS-Einführung und der zunehmend stufenlosen elektronischen Ansteuerungen der Traktorkomponenten einschneidende Veränderungen statt. Das in [29; 30] vorgeschlagene Prinzip „Gerät steuert Traktor“ wurde auf der Agritechnica 2009 erstmalig kommerziell von J. Deere in Kooperation mit Geräteherstellern gezeigt. **Bild 4** zeigt, wie drei Ladewagensensoren über den ISOBUS den Traktor bezüglich Fahrgeschwindigkeit und Hydraulikvolumenstrom (Kratzbodenbewegung) ansteuern. Weitere Anwendungen sind denkbar [31].

Neben mechanischer und hydraulischer Leistungsübertragung an Geräte wird eine Zunahme der zuerst von J. Deere angebotenen elektrischen Hochvolt-Zapfstelle (max. 5 kW) erwartet. ZF hat bereits für seine Getriebe im Eingangsbereich integrierte Starter-Generator-Einhei-

Tractor and implement

In this field, deep changes are taking place as a result of ISOBUS introduction and the increasing electronic control of the tractor components. At the Agritechnica 2009, the principle “implement controls tractor” proposed in reference [29; 30] was presented for the first time in a commercial version by J. Deere in cooperation with implement manufacturers. **Figure 4** shows how three loader wagon sensors control the driving speed and the hydraulic volume flow (scraper floor motion) of the tractor via ISOBUS. Other applications are conceivable [31].

In addition to mechanical and hydraulic power transmission to implements, the electric high-voltage outlet (max. 5 kW) first offered by J. Deere is expected to gain wider acceptance. ZF has already developed starter-generator units integrated in the input shaft area of its transmissions [32] and thus fulfills the demand for more electric power [33]. Deutz offers diesel engines with generators integrated in the flywheel.

A study shows that the dynamic behaviour of tractors during curve rides can be improved by means of lateral swivelling of mounted implements [34].

A practical comparison of two new front loaders [35] provides detailed insights into the state of the art and its evaluation.

ten entwickelt [32] und erfüllt damit die Forderung nach höheren elektrischen Leistungen [33]. Deutz bietet Dieselmotoren mit im Schwungrad integrierten Generatoren an.

Wie eine Studie zeigt, lässt sich das dynamische Verhalten von Traktoren bei Kurvenfahrt durch seitliches Schwenken von Anbaugeräten verbessern [34].

Ein Praxisvergleich zweier neuerer Frontlader [35] gibt detaillierte Einblicke in den Stand der Technik und dessen Bewertung.

Literatur / Bibliography

- [1] -, -: Statistische Unterlagen des VDMA Fachverband Landtechnik, Frankfurt/M., Stand Juni 2010
- [2] *Stieler, J.*: Stars of India. iVT International Industrial Vehicle Technology 17 (2009), H. 3, S. 22, 23, 25 und 26
- [3] Statistiken des japanischen Verlags Shin-Norinsha, Tokyo, 5.11.2009
- [4] *Renius, K. Th., und H. Knechtges*: Traktoren 2007 bis 2009. Trends und neuere Entwicklungen. ATZ 111 (2009): Sonderausgabe „ATZ offhighway“, S. 6-8 und 10-19
- [5] *Knechtges, H.*: Wie viel Traktor benötigen landwirtschaftliche Unternehmen? Tagung LAND.technik für Profis 22.-23.2.2010 Marktoberdorf. In: Tagungsband VDI-Berichte 2087, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2010, S. 71-79
- [6] *Paffen, P. J.*: Entwicklung der Traktoren in Deutschland. Tagung LAND.technik für Profis 22.-23.2.2010 Marktoberdorf. In: Tagungsband VDI-Berichte 2087, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2010, S. 1-7
- [7] *Steindorf, K., et al.*: Trends bei Landmaschinen und Traktoren. Teil I und II. O+P Z. für Fluidtechnik 54 (2010) H. 1-2, S. 18-24 (Teil I) und H. 3, S. 57-60 und 62-63 (Teil II)
- [8] *Heisler, R., et al.*: Der Fendt 936 Vario. ATZ 111 (2009): Sonderausgabe „ATZ offhighway“, S. 38-49
- [9] *Renius, K. Th.*: Tractor innovations and sustainability. Key note speech Club of Bologna, 20th Meeting, Hannover 8.11.2009. Proceedings im Internet unter Club of Bologna.

- [10] *Renius, K. Th., und T. Dreher:* Klassenunterschiede. Traktor-Dieselmotoren: Die weltweite Vielfalt und deren Strukturierung in fünf Technologiestufen. Mobile Maschinen 2 (2009), H. 4, S. 30-33
- [11] *Xinqun, G., D. Dou und R. Winsor:* Non-Road Diesel Engine Emissions and Technical Options for Meeting them. ASABE Distinguished Lecture Series Tractor Design No. 34 (2010). St. Joseph, MI, USA: ASABE
- [12] *Brandhofe, K., und C.-P. Stickel:* Zukünftige Abgasgesetzgebung. Tagung LAND. TECHNIK für Profis 22.-23.2.2010 Marktoberdorf. In: Tagungsband VDI-Berichte 2087, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2010, S. 15-22
- [13] *Mengele, J., und M. Ott:* Field Test Experiences with SCR Technology to meet Tier 4 interim. Tagung LAND. TECHNIK + AgEng 2009 Hannover 6./7.11.2009. In: Tagungsband VDI-Berichte 2060, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2010, S. 41-47
- [14] *Tischler, K., A. Remmelmann und B. Völker:* Hydraulische Fremdkraftbremse mit ABS. O+P Zeitschrift für Fluidtechnik 53 (2009), H. 10, S. 432-436
- [15] *Abd El Aal, S. M.:* Empirical Equations to Predict the Tractor Center of Gravity. AMA 40 (2009), H. 3, S. 64-68
- [16] *Göllner, W., et al.:* Das Doppeljoch – ein innovativer Ansatz für neue hocheffiziente Leistungsverzweigungsgetriebe basierend auf Großwinkel-Schrägachsenmaschinen. 5. Kolloquium Mobilhydraulik, 16./17.10.2008, Karlsruhe. In: Forschungsbericht des Lehrstuhls für Mobile Arbeitsmaschinen, Universität Karlsruhe, S. 54-68
- [17] *Mohr, M., et al.:* Hybridisierung von Antriebssträngen für Baumaschinen. ATZ 112 (2010): Sonderausgabe „ATZ off-highway“, S. 34-43
- [18] *Gabriel, A.:* Die Maschine in Serie bringen. ATZ 112 (2010), Sonderausgabe „ATZ offhighway“, S. 24-28
- [19] *Auernhammer, H.:* Spezial- oder Universalschlepper, das ist die Frage. dlz 39 (1988), H. 10, S. 1470-1477
- [20] *Stroppel, A.:* Hat eine stufenlos einstellbare und regelbare Zapfwellen-Drehzahl am Traktor praktische Bedeutung? Landtechnik 45 (1990), H. 2, S. 72-73
- [21] *Gugel, R., und N. Tarasinski:* Infinitely variable PTO Transmission. Tagung LAND. TECHNIK + AgEng 2009 Hannover 6./7.11.2009. In: Tagungsband VDI-Berichte 2060, S. 441-444
- [22] *Renius, K. Th.:* Global Tractor Development: Product Families and Technology Levels. Plenarvortrag, 30. Symposium Actual Tasks on Agricultural Engineering, Opatiya, 12.-15.3.2002. Proc. S. 97-95
- [23] *Knechtges, H., und K. Th. Renius:* Gesamtentwicklung Traktoren. In: Jahrbuch Agrartechnik 22 (2010), S. 53-59
- [24] *Brinkmann, C., P. Mümken und L. Riesenbeck:* Further development of a 4x4 large tractor. Tagung LAND. TECHNIK + AgEng 2009 Hannover 6./7.11.2009. In: Tagungsband VDI-Berichte 2060, S. 21-26
- [25] *Brüse, Ch.:* Schnelle Raubkatze jetzt mit ABS: Profi 22 (2010), H. 2, S. 28-29
- [26] *Neunaber, M., und H. Wilmer:* Erst-Bester! Profi 21 (2009), H. 9, S. 10-17
- [27] *Mariutti, H.:* Caterpillar D7E. Der erste dieselelektrisch angetriebene Kettendozer. Tagung LAND. TECHNIK für Profis 22.-23.2.2010 Marktoberdorf. Tagungsband, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2010, S. 37-46
- [28] *van Hattum, B., und H. Wilmer:* Von der Sänfte bis zur Schiffsschaukel. Profi 21 (2009), H. 12, S. 18-26
- [29] *Freimann, R., und M. Martinus:* Gerät steuert Traktor: Optimierungsmöglichkeiten der Gespannführung. VDI-MEG-Tagung „Landtechnik 2000“ Münster 10.-11.10.2000. In: VDI-Berichte 1544, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2000, S. 201-206
- [30] • *Freimann, R.:* Automation mobiler Arbeitsmaschinen – Gerät steuert Traktor. Dissertation, TU München, 2003. Fortschritt-Berichte VDI-Reihe 14, Nr. 116, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2004
- [31] *Harms, H.-H.:* Potenziale integrierter Motor- und Getriebe-steuerungen. Tagung LAND. TECHNIK für Profis 22.-23.2.2010 Marktoberdorf. Tagungsband, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2010, S. 23-35
- [32] *Götz, M., et al.:* Electrically Assisted Powertrains for Agricultural Machinery, in particular Tractors. Tagung LAND. TECHNIK + AgEng 2009 Hannover 6./7.11.2009. In: Tagungsband VDI-Berichte 2060, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2010, S. 67-72
- [33] *Rauch, N.:* Mit elektrischen Antrieben Traktor-Geräte-Kombinationen optimieren. Tagung LAND. TECHNIK für Profis 22.-23.2.2010 Marktoberdorf. Tagungsband, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2010, S. 85-100
- [34] *Bogala, A., und A. Ulrich:* Development of a Control System to Improve Handling Performance of Tractors. Tagung LAND. TECHNIK + AgEng 2009, Hannover, 6./7.11.2009. In: Tagungsband VDI-Berichte 2060, S. 27-32
- [35] *Eikel, G.:* Fendt Cargo 4X/75 und John Deere 583 HSL im Vergleich: Beide könnten es besser. Profi 21 (2009), H. 8, S. 20-25

4 Bodenbearbeitungstechnik Tillage

T. Herlitzius und A. Grosa, Dresden

Allgemein

Der europäische Markt für Maschinen und Geräte zur Bodenbearbeitung, Bestellung, Düngung und zum Pflanzenschutz erreichte im vergangenen Jahr annähernd das Umsatzniveau von 2007 (**Tafel 1**). Dabei war der Markt für Bodenbearbeitungsgeräte innerhalb der Sparte mit einem Rückgang von 16 % im Vergleich zur Dünge-, Sä- und Pflanzenschutztechnik gegenüber 2008 weniger betroffen. Für das Jahr 2010 geht der europäische Landtechnik-Branchendachverband CEMA von höheren Auftragseingängen aus und gibt sich bei Umsatzprognosen übereinstimmend optimistisch [1]. Auf den Sektor der Bodenbearbeitungstechnik entfallen über 50 % des gesamten Volumens der Sparte. Längerfristig betrachtet, bewegt sich das Umsatzvolumen 2009 jedoch auf dem gemittelten Niveau der letzten fünf Jahre.

General

The European market for machines and implements for tillage, seeding, fertilizing, and plant protection approximately reached the sales level of 2007 last year (**Table 1**). Within this segment, the market for tillage implements was affected less than fertilizing, seeding, and plant protection equipment given a decrease of 16% below the level of 2008. For the year 2010, the European umbrella association of the agricultural machinery industry (CEMA) expects a larger number of orders and shows unanimous optimism in its sales prognoses [1]. The sector of tillage equipment accounts for more than 50% of the total volume of the branch. In long-term consideration, however, the 2009 sales volume is at the average level of the past five years.

Umsatzvolumen für Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik in der EU Volume of sales for tillage and seeding machines in EU				
		2007	2008	2009
Produktion	Production			
Bodenbearbeitung <i>Tillage</i>		1,42	1,77	1,40
Säen, Düngen, Pflanzenschutz <i>Sowing, Fertilizing, Plant protection</i>		1,27	1,61	1,25
Markt	Market			
Bodenbearbeitung <i>Tillage</i>		1,26	1,57	1,32
Säen, Düngen, Pflanzenschutz <i>Sowing, Fertilizing, Plant protection</i>		1,04	1,38	1,10
Quelle: CEMA, VDMA		Werte in Mrd. €		Values in Bn. €

Tafel 1: Umsatzvolumen für Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik innerhalb der EU [2]

Table 1: Sales volume of tillage and seeding machines in the EU [2]

Technik für die Verfahrenslinie Bodенbearbeitung

Forderungen an die Bodенbearbeitungstechnik und Rahmenbedingungen

Von der Bodенbearbeitung sind zwei wesentliche Forderungen zu erfüllen: die verdichteten Bodenschichten aufzubrechen und organische Materialien einzuarbeiten.

Damit wird

- die Wasser- und Luftzirkulation im Boden gewährleistet und das ungehinderte Wurzelwachstum ermöglicht sowie
- die zügige Verrottung des organischen Materials und Düngers erreicht.

Der Landwirt legt die Priorität der Bearbeitungsziele nach seinen betrieblichen und pflanzenbaulichen Forderungen fest. Dabei entstehen zwangsläufig Zielkonflikte.

Eine flache Bodенbearbeitung ermöglicht hohe Flächenleistungen und spart Kosten. Voraussetzungen für eine ausschließlich flache Bodенbearbeitung sind nach [2] vor allem trockene, gut strukturierte, biologisch aktive Böden, unter 80 dt/ha Ernterückstände und weite Bearbeitungsfenster. Die Anforderungen an die Technik, wie sicheres Einhalten der Arbeitstiefe und gutes Einzugsvermögen, insbesondere bei trockenen Bedingungen, sind sehr hoch. Die Gefahr von Bodenschadverdichtungen beim Befahren unter feuchten Bedingungen besteht und erfordert aufgesattelte Geräte mit Boden schonenden Fahrwerken.

Eine tiefe Bearbeitung ist zur Einarbeitung großer Ernterestmengen (80 bis 120 dt/ha) und zur Beseitigung von Bodenverdichtungen erforderlich [2]. Das Verfahrensziel ist eine optimale Arbeitsqualität bei geringen Arbeitserledigungskosten und definiert die Forderungen an die Technik: leichtzügige, anpassbare Scharsysteme, flexible, hydraulische Tiefeneinstellung der Werkzeugsektionen und variable Gerätesysteme mit wechselbaren Komponenten. Der weitgehende Verzicht auf tiefe Lockerung bei strukturschwachen und biologisch wenig aktiven Böden führt zu Verdichtungen, die kurzfristig nur mit zielgerichtetem Technikeinsatz zu beseitigen sind.

Technikentwicklungen

Im Bereich der gezogenen Geräte wird weiter versucht, die Effizienz des Systems Traktor – Gerät zu verbessern. Dabei ist ein wesentlicher Punkt die Optimierung der Zugkraftübertragung in Abhängigkeit von den vorherrschenden Bodenbedingungen. Dazu bieten Hersteller wie etwa Lemken eine hydraulische Traktionsverstärkung für aufgesattelte Geräte wie Pflug oder Grubber an [3]. Ein hydropneumatischer, steuerbar vorgespannter Hydraulikzylinder verbindet den Dreipunktkoppelrahmen in Ober-

Tillage equipment

Requirements for tillage equipment and general conditions

Tillage must fulfill two main requirements: break up compacted soil layers and incorporate organic materials.

This

- guarantees water and air circulation in the soil and allows for unimpeded root growth and
- provides quick rotting of organic material and fertilizer.

The farmer determines the priority of the cultivation goals based on his operational and agronomical demands. This necessarily leads to goal conflicts.

Superficial tillage provides high area capacities and saves expenses. According to reference [2], exclusively superficial tillage primarily requires dry, well structured, biologically active soils, harvest residues (below 80 dt/ha), and wide tillage windows. The requirements to be fulfilled by the equipment, such as reliable keeping of the set working depth and good soil penetration, are very high, especially under dry conditions. Driving under moist conditions causes the danger of harmful soil compaction and requires semi-mounted implements with soil-protecting chassis.

Deep tillage is necessary in order to incorporate large quantities of harvest residues (80 to 120 dt/ha) and to eliminate harmful soil compaction [2]. The objective is optimal work quality as well as low expenses for labour and machinery, which defines the requirements to be fulfilled by the equipment: adaptable share systems with low draught power requirements, hydraulic depth setting of the tool sections, and variable implement systems with changeable components.

If deep loosening is largely dispensed with, this leads to compaction in structurally weak soils with little biological activity. The short-term elimination of this compaction requires specifically adapted equipment use.

Technological developments

In the drawn implement sector, continuing efforts are being made to improve the efficiency of the tractor – implement system. A crucial point in these development efforts is the optimization of traction transmission depending on the prevailing soil conditions. For this purpose, manufacturers like Lemken offer hydraulic traction intensifiers for semi-mounted implements, such as ploughs or cultivators [3]. A hydropneumatic, controllably pretensioned hydraulic cylinder connects the three-point coupling frame near the upper link to the



Bild 1: Flügelschar TriMix (Grubber Lemken Kristall) für intensives Mischen [3] (Foto: Lemken, TU Dresden)

Fig. 1: Wing share TriMix (Cultivator Lemken Kristall) for intensive incorporation [3] (photo: Lemken, TU Dresden)

lenkernähe mit dem Geräterahmen und überträgt so zusätzliche Gewichtskraft vom Gerät auf die Traktorhinterachse. Durch reduzierten Triebbradschlupf kann Kraftstoff eingespart werden. Die Anpassung des Bodenbearbeitungssystems an wechselnde Bodenbedingungen gelingt besser oder Radballast an der Traktorhinterachse kann eingespart werden.

In dem Bereich der Bodenbearbeitungswerkzeuge wurden auf der Agritechnica 2009 Detailverbesserungen vorgestellt. Sie sollen helfen, die Hauptfunktionen der Scharwerkzeuge am Grubber, das Mischen und energiesparende Lockern zu verbessern.

Eine intensive Misch- und Krümelwirkung, auch bei geringer Arbeitstiefe (Stoppelbearbeitung) und kurzer Baulänge (2-balkige Ausführung), soll beispielsweise die Grubberserie Kristall mit dem TriMix-Schar der Firma Lemken ermöglichen [3]. Das Schar mit gebogenen Flügeln ist 47 cm breit und schneidet bei Werkzeugabständen von mehr als 40 cm noch ganzflächig die Bearbeitungssohle. Für eine Bodenlockerung bei reduzierter Mischwirkung bietet Väderstadt ein so genanntes Leichtzugschar. Ein Schmalschar (50 mm Breite) wird mit einem aufgeschweißten Bügel versehen, der den aufsteigenden Erdbalken teilt und damit die vertikale Bodenbewegung (Mischwirkung) reduziert [4]. Das Schar bleibt auch für eine krumentiefe Lockerung nutzbar und belässt mehr or-

implement frame and thus shifts additional weight from the implement to the tractor rear axle. The reduced slip of the driving wheel allows fuel to be saved. The tillage system adapts better to changing soil conditions, or wheel ballast on the tractor rear axle can be saved.

In the sector of tillage tools, detail improvements were presented at the Agritechnica 2009. They are intended to help improve the main functions of the cultivator shares, i.e. incorporation and energy-saving loosening. The cultivator series Kristall with the TriMix share from the Lemken company, for example, is intended to provide an intensive incorporation and crumbling effect even under the conditions of superficial working depth (stubble cultivation) and short construction length (2-beam version) [3]. The share with curved wings is 47 cm wide and still cuts the entire soil surface to be cultivated even though the shares are spaced more than 40 cm apart.

Väderstadt offers a so-called low-traction share for soil loosening with a reduced incorporation effect. A narrow share (width: 50 mm) is equipped with a welded-on bar which cuts the rising furrow slice and thus reduces vertical soil motion (incorporation effect) [4]. The share remains suitable for topsoil-deep loosening and leaves more organic material on the soil surface in order to reduce soil erosion.

Improved tool combinations for deep soil loosening and growth incorporation close to the surface serve the same goal. Here, the range of deep loosener – short harrow combinations is growing. Implements featuring working widths of up to 6 m are available today [5; 6; 7] and were presented by several manufacturers at the Agritechnica 2009. Another approach aimed at “incorporation-reduced” loosening is the use of massive, rolling tools with a puncturing effect, which are known from North America [8]. The company Evers Agro adapts this principle for grassland ventilation at working widths of 3 to 6 m [9].

The optimal distribution, comminution, and specific incorporation of harvest residues or intermediate crops is difficult to achieve with the aid of cultivator or disc tools alone [2]. For this purpose, drawn or PTO-driven implements and machines are offered which require a separate pass or are used in combination with stubble cultivation. Dalbo offers the drawn (or pushed) rear or front-mounted knife cutting rollers MaxiCut having working widths of 3 to 6 m [10]. Changeable radial knives with a sharpened edge press intermediate crops or harvest residues (maize, sunflower stubble) down and cut them at bite lengths of approximately 17 cm. According to the manufacturer, specific implement

gisches Material zum Vermindern der Bodenerosion an der Bodenoberfläche.

Dem gleichen Ziel dienen auch Weiterentwicklungen von Werkzeugkombinationen zur tiefen Bodenlockerung und oberflächennaher Bewuchseinmischung. Hier erweitert sich das Angebot von Tiefenlockerer-Kurzscheibeneggen-Kombinationen. Geräte mit Arbeitsbreiten bis 6 m stehen heute zur Verfügung [5; 6; 7] und wurden von mehreren Herstellern auf der Agritechnica 2009 vorgestellt. Ein weiterer Ansatz zur „mischreduzierten“ Lockerung ist der aus Nordamerika bekannte Einsatz massiver, abrollender und stechend wirkender Werkzeuge [8]. Die Firma Evers Agro adaptiert dieses Prinzip zunächst für die Grünlandbelüftung in Arbeitsbreiten von 3 bis 6 m [9].

Das optimale Verteilen, Zerkleinern und zielgerichtete Einmischen von Ernterückständen oder Zwischenfruchtkulturen ist allein mit Grubber- oder Scheibenwerkzeugen schwer zu beherrschen [2]. Hier werden gezogene oder zapfwellengetriebene Geräte und Maschinen angeboten, die in einem separaten Arbeitsgang oder kombiniert mit der Stoppelbearbeitung zum Einsatz kommen. Dalbo bietet hier die gezogenen (oder geschobenen) Messerschneidwalzen MaxiCut für den Heck- oder Frontanbau in Arbeitsbreiten von 3 bis 6 m [10]. Wechselbare Radialmesser mit geschliffener Schneide drücken Zwischenfruchtbestände oder Erntereste (Mais-, Sonnenblumenstoppeln) nieder und zerteilen diese mit Bissenlängen von etwa 17 cm. Mit spezifischen Gerätemassen von bis zu 1,05 t pro m Arbeitsbreite (mit Wasserfüllung der Walzen) werden nach Herstellerangaben mit Traktorleistungen von rund 20 bis 25 kW pro Meter Arbeitsbreite bei

masses of up to 1.05 t per metre of working width (with water-filled rollers), a tractor power of about 20 to 25 kW per metre of working width, and working speeds of more than 20 km/h provide very large area capacities.

PTO-driven mulchers with horizontal or vertical tool shafts intensively comminute large harvest residue quantities (rough maize straw or high-cut stubble). They can be used as semi-mounted implements with a reinforced chassis in combination with equipment for stubble cultivation (short-disc harrows, cultivators). Spearhead offers semi-mounted solutions as drawn implements or front-rear combinations featuring a working width of up to 7.3 m [11]. Given specific power requirements of 20 to 28 kW per metre of working width for flail or rotor mulchers, total power requirements amount to approximately 60 kW per metre of working width. The division of the total power requirements into approximately 50 / 50% draught power / PTO power leads to an optimal exploitation of tractor capacity.

Research and science

A challenge for the future lies in the reduction of energy consumption during tillage. This goal can be reached by increasing process efficiency (process chain and design) or by improving the equipment used (development of the tools and the working principle).

Studies on location-adapted, site-specific tillage as part of a collaborative project of the Universities of Kiel and Kassel are pursuing the first approach [12]. This project is examining the agronomical (crumb structure), soil-protection (reduction of erosion), and economic (fuel consumption) potential of a location-adapted modification of working depth. The potential control variables, such as the degree of coverage and crumb structure, serve as a basis for a control strategy. Scientists are searching for technical options which allow these control variables to be registered by sensors and processed during tillage. In principle, implement and operation parameters (working depth and speed) can be controlled in real time based on the situation (e.g. the straw cover) or maps (e.g. field file data).

At the Technical University of Braunschweig, the possibility of reducing friction at the contact surface between the tool and the soil by generating highly frequent oscillations [13] is being examined. In turn, the reduction of friction at the tool can reduce the draught power required for a tillage tool. In the realized experimental setup, oscillations in the tool are generated by a piezo-

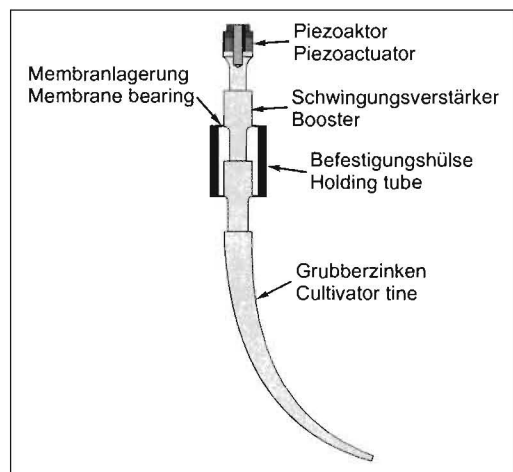


Bild 2: Grubberzinken mit Ultraschallanregung [13]

Fig. 2: Cultivator tine with ultrasonic oscillation [13]

Arbeitsgeschwindigkeiten über 20 km/h sehr hohe Flächenleistungen erreicht.

Zapfwellengetriebene Mulcher mit horizontalen oder vertikalen Werkzeugwellen zerkleinern intensiv große Ernterestmengen (derbes Maisstroh oder Hochschnittstopfeln). In aufgesattelter Bauform mit verstärktem Fahrwerk können sie in Kombination mit Geräten für die Stoppelbearbeitung (Kurzscheibeneggen, Grubber) eingesetzt werden. Spearhead bietet hier Aufsattelösungen zum Anhängen oder als Front-Heck-Kombinationen bis zu 7,3 m Arbeitsbreite [11]. Mit einem spezifischen Leistungsbedarf für Schlegel- oder Rotormulcher von 20 bis 28 kW pro m Arbeitsbreite wird ein Gesamtleistungsbedarf von etwa 60 kW pro m Arbeitsbreite erreicht. Die Aufteilung des Gesamtleistungsbedarfs in etwa 50/50 % Zug-/Zapfwellenleistung führt jedoch zu einer optimalen Traktorauslastung.

Forschung und Wissenschaft

Eine Herausforderung für die Zukunft liegt in der Senkung des Energiebedarfs bei der Bodenbearbeitung. Dieses Ziel kann entweder über die Steigerung der Verfahrenseffizienz (Verfahrenskette und -gestaltung) oder über die Verbesserung der eingesetzten Technik (Werkzeug- und Wirkprinzipentwicklung) erreicht werden.

Den ersten Ansatz verfolgen Forschungsarbeiten zur standortangepassten, teilflächenspezifischen Bodenbearbeitung in einem Gemeinschaftsprojekt der Universitäten Kiel und Kassel [12]. Im Projekt werden die pflanzenbaulichen (Krümelstruktur), Boden schonenden (Erosionsminderung) sowie wirtschaftlichen (Kraftstoffverbrauch) Potenziale einer standortangepassten Änderung der Arbeitstiefe untersucht. Die möglichen Regelgrößen wie Bedeckungsgrad und Krümelstruktur dienen als Basis für eine Regelstrategie. Die Wissenschaftler suchen nach technischen Möglichkeiten, diese Regelgrößen bei der Bodenbearbeitung sensorisch zu erfassen und aufzubereiten. Prinzipiell kann dann die Steuerung der Geräte- und Betriebsparameter (Arbeitstiefe, -geschwindigkeit) situationsbezogen in Echtzeit (etwa nach Strohauflage) oder kartenbasiert (etwa nach Schlagkarteidaten) erfolgen.

An der TU Braunschweig wird die Möglichkeit untersucht, mit hochfrequenter Schwingungserregung die Reibung an der Kontaktfläche Werkzeug – Boden zu reduzieren [13]. Die Verringerung der Reibung am Werkzeug kann wiederum den Zugkraftbedarf für ein Bodenbearbeitungswerkzeug senken. In der realisierten Versuchsanordnung wird das Werkzeug mit einem Piezoaktor in Kombination mit einem Schwingungsverstärker angeregt (**Bild 2**). Erste aussichtsreiche Ergebnisse aus Labor- und Feldversuchen liegen vor.

actuator in combination with an oscillation intensifier (**Fig. 2**). Initial, promising results of laboratory and field trials are available.

Literatur / Bibliography

- [1] -: Nach Rückgang wieder bergauf – Der Markt für Ackerbaumaschinen und -geräte stabilisiert sich. Eilbote 58 (2010), H. 13, S. 6
- [2] Brunotte, J.: Enge Getreidefruchtfolge fordert das Bodenbearbeitungsmanagement. Eilbote 58 (2010), H. 4, S. 10-12.
- [3] -: Internetauftritt des Unternehmens Lemken, 05/2010 www.lemken.com
- [4] -: Internetauftritt des Unternehmens Väderstad, 05/2010 www.vaderstad.com.
- [5] -: Internetauftritt des Unternehmens Agrisem, 05/2010 www.agrisem.com
- [6] -: Internetauftritt des Unternehmens Bremer, 05/2010 www.bremer-maschinenbau.de
- [7] -: Internetauftritt der Firma Kongskilde, 05/2010 www.kongskilde.com
- [8] -: Internetauftritt der Firma Gen-Till (USA), 05/2010 www.genestillage.com
- [9] -: Internetauftritt des Unternehmens Evers Agro, 05/2010 www.eversagro.nl
- [10] -: Internetauftritt des Unternehmens Dalbo, 05/2010 www.dal-bo.dk
- [11] -: Internetauftritt des Unternehmens Spearhead, 05/2010 www.spearhead.dk
- [12] Reckleben, Y.: Variable Bearbeitungstiefe schont das Die-selkonto. Eilbote 58 (2010), H. 4, S. 16-18
- [13] Kattenstroth, R., et al.: Reduzierung von Reibkräften durch Ultraschallanregung am Beispiel der Bodenbearbeitung. Landtechnik 65 (2010), H. 1, S. 42-44

5 Sä- und Pflanztechnik

Sowing and Planting Techniques

C. Gall, T. Knappenberger und K. Köller, Stuttgart-Hohenheim

Die Sä- und Pflanztechnik war in den letzten Jahren maßgeblich durch eine Rationalisierung und Automatisierung der Arbeitsabläufe und Verfahren gekennzeichnet. Wie auf der Agritechnica 2009 zu sehen war, hält diese Entwicklung weiter an.

Drillsaat

Die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) hat zum Thema Drilltechnik eine Umfrage durchgeführt (Bild 1): die Befragten legen demnach einen hohen Wert auf universell einsetzbare Sätechnik, die je nach Situation mit unterschiedlichster Bodenbearbeitungsintensität zu-rechtkommt. Scheibenschare werden diesen Anforderungen am besten gerecht [1].

Sowing and planting techniques have been characterized primarily by rationalization and automation of work processes and techniques in recent years. As shown at the Agritechnica 2009, this development is continuing.

Drilling

The German Agricultural Society (DLG) carried out a survey on drilling techniques (Fig. 1). According to this survey, those questioned attach great value to universally applicable drilling techniques suitable for various tillage intensities depending on the situation. Disc coulters meet these requirements best [1].

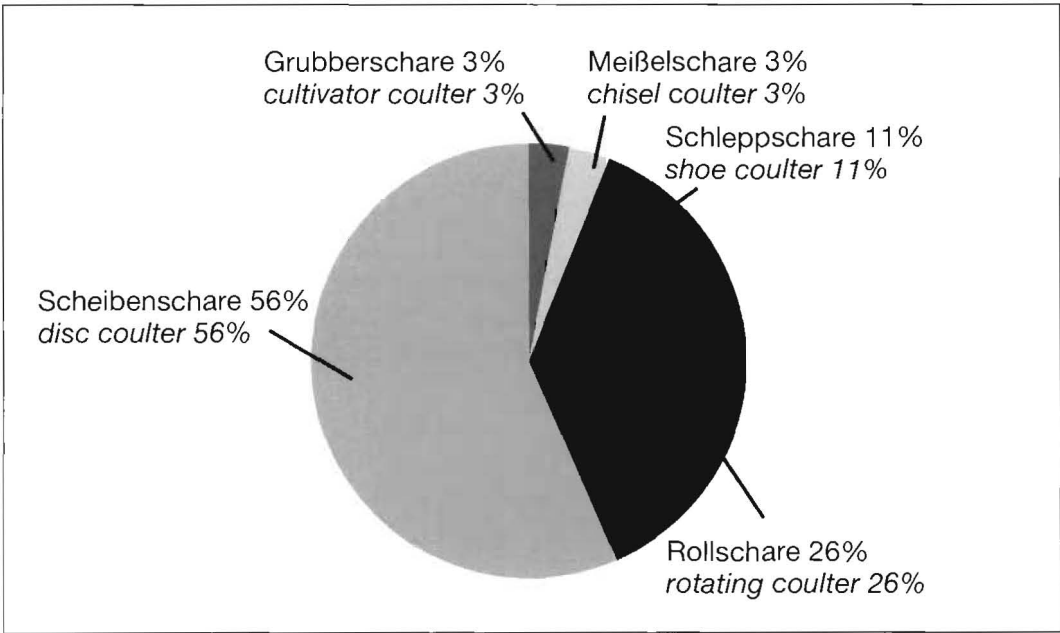


Bild 1: Eingesetzte Säschar nach einer DLG-Umfrage [1]
Fig. 1: Utilized seed coulters according to a DLG survey [1]



Bild 2: Automatisches Zu- und Abschalten am Feldende mit dem elektrischen Antrieb der Einzelkorndosiereinheit [3]

Fig. 2: Automatic start-stop function at the field boundary with the aid of electrically driven metering units [3]



Bild 3: Direktsaattechnik für Trockenstandorte: Zinkenschare und große Arbeitsbreiten [2]

Fig. 3: No-till techniques for dry regions: chisel openers and large working width [2]

Elektronische Ausstattung von Drillmaschinen

Die elektronische Ausstattung der Geräte gewinnt weiter an Bedeutung. Durch Detailverbesserungen wird der Bedienkomfort von Drillmaschinen deutlich gesteigert: Die Firma Amazone bietet für ihre pneumatischen Sämaschinen eine elektronische Saatleitungsüberwachung an. Damit können durch Verunreinigungen verursachte Verstopfungen der Saatleitung erkannt werden [2]. Die Firma Väderstad hat ein System entwickelt, mit dem man die Ablagetiefe über das Bedienterminal einstellen kann (Interactive Depth Control). Die Tiefeneinstellung wird mit einem Hydraulikzylinder verändert, dessen Auslenkung mit Hilfe von Ultraschall gemessen wird. Mit diesem Messwert wird zudem der Dosierantrieb an- und abgeschaltet.

Einzelkornsaat

Die Kverneland Group hat auf der Agritechnica 2009 für das System GeoSeed bei Einzelkornsämaschinen eine Silbermedaille erhalten. Durch die Verwendung eines präzisen GPS-Signals und durch den elektrischen Antrieb der Dosiereinheiten ist es möglich, das Saatgut exakt an festgelegter Stelle abzulegen. Dadurch ist eine gleichmäßige Aussaat von Rüben oder Mais im Dreieck- oder Rechteckverband sowie eine über die Arbeitsbreite hinaus synchronisierte Saatgutablage möglich. Neue Einsatzgebiete sind möglich: Teilbreitenschaltung der Sämaschine (**Bild 2**), mechanische Unkrautbekämpfung (Querhacken) und die Aussaat geometrischer Formen (Grüne Werbung) [3].

Electronic equipment of drills

The electronic equipment of the implements is continuously gaining in importance. Detail improvements considerably increase the operating comfort of drills. The company Amazone offers electronic seed tube monitoring for its pneumatic sowing machines. This allows seed tube clogging due to soiling to be detected [2]. The company Väderstad developed a system which allows seeding depth to be set at the operating terminal (interactive depth control). Depth setting is changed using a hydraulic cylinder whose deflection is measured with the aid of ultrasound. In addition, the drive of the metering unit is turned on and off based on this measurement value.

Precision drilling

The Kverneland Group was awarded a silver medal for the GeoSeed system in precision drills at the Agritechnica 2009. The use of a precise GPS signal and the electric drive of the metering units enable the seeds to be inserted exactly at a determined place. This allows even sugar beet or maize drilling in triangular or rectangular sections as well as synchronized seed placement beyond the working width to be realized. New areas of application are possible, such as drill section switching (**Fig. 2**), mechanical weed control (cross hoeing), and the sowing of geometric shapes (green advertising) [3]. The company Amazone received another silver medal for the fully automatic stripper control system smartControl of the precision drill EDX. Seed frequency is

Eine weitere Silbermedaille erhielt die Firma Amazone für die vollautomatische Abstreifer-Regelung smartControl an der Einzelkornsämaschine EDX. Die Kornfrequenz in der Saatgutleitung wird kontinuierlich erfasst und mit dem Sollwert verglichen. Bei Abweichungen wird die Abstreifer-Einstellung über einen elektrischen Linearantrieb angepasst. Dadurch werden Fehl- und Doppelstellen vermieden [2].

Direktsaat

Das von der Firma Baker No-Tillage Ltd. vorgestellte automatische Andruckkontrollsystem (ADF) ist speziell für den Einsatz unter Direktsaatbedingungen entwickelt worden. Durch die fehlende mechanische Lockerung weisen unbearbeitete Böden oftmals eine höhere Variation der Dichtelagerung auf als bearbeitete. Für jedes Schar wird der Hydraulikdruck sowie die verbleibende Kraft auf der Andruckrolle gemessen. In Abhängigkeit des Bodenwiderstandes wird der Hydraulikdruck für jedes Säschar separat den Bedingungen angepasst. Dadurch wird eine gleichmäßigere Ablagetiefe bei stark wechselnden Bedingungen erreicht [4].

Bei der Direktsaattechnik gewinnen neben Scheibenscharen auch Zinkenscharen an Bedeutung [5]. Dementsprechend bieten etliche Hersteller neue Maschinenkonzepte mit Zinkenscharen an (Bild 3).

Strip Till

Das Strip-Till-Verfahren [6] wird in Nordamerika bereits

continuously measured in the seed tube and compared with the set value. In the case of deviations, the strip-per setting is adapted by an electric linear drive. This allows gaps and double seed placement to be avoided [2].

Direct drilling

The automatic pressure control system presented by the company Baker No-Tillage Ltd. has been specially developed for use under direct drilling conditions. No-Till soils vary in density or resistance because they have not been cultivated. The hydraulic pressure on every coulter and the remaining force on the pressure roller are measured. Depending on soil resistance, the hydraulic pressure on every coulter is individually adapted to the conditions. This provides better sowing depth accuracy under changing soil conditions [4].

Beside disc coulters, chisel openers are becoming more important in direct drilling [5]. Therefore, some manufacturers offer new machine concepts with chisel openers (Fig. 3).

Strip Till

In North America, the strip till technique [6] has already been applied for many years. It is primarily used in maize and soya row cultures. In Europe, attempts are being made to apply this technique in the cultivation of other crops, such as rapeseed and sugar beet [7]. Precision drilling and reduced sowing rates allow the area



Bild 4: Kombinationssystem für Legemaschinen [8]
Fig. 4: Planter combination system [8]

seit vielen Jahren angewendet und hauptsächlich bei den Reihenkulturen Mais und Soja eingesetzt. In Europa wird versucht, dieses Verfahren auf andere Kulturen wie etwa Raps und Zuckerrüben [7] zu übertragen. Durch die Verwendung von Einzelkornsätechnik, bei reduzierter Saatstärke, kann eine optimale Flächenverteilung des Saatguts und dadurch eine bessere Standraumaussnutzung erreicht werden.

Neue Pflanztechnik im Kartoffelanbau

Um die Gefahr von Bodenverdichtungen zu verringern und die Verfahrenskosten zu reduzieren, werden in der Praxis neue Maschinenkombinationen erprobt, die das Lockern, Legen und Häufeln (Dammaufbau) kombinieren. Erste Versuchsergebnisse zeigen, dass diese Kombinationssysteme unter optimalen Feldbedingungen zu weiterer Kosteneinsparung und Bodenschonung beitragen können.

distribution of the seeds to be optimized, which provides more efficient spacing.

New planting technique in potato cultivation

In order to reduce the danger of soil compaction and to cut process costs, new machinery combinations are tested in practice which combine loosening, planting, and ridge formation. Initial test results show that these combined systems can contribute to additional cost savings and soil protection under optimal field conditions.

Literatur / Bibliography

- [1] Hörner, R.: Wie die Saat, so die Ernte. DLG Test Landwirtschaft (2010), H. 1, S. 8-15
- [2] -, -: Neuheiten 2010, Amazonen Werke, Produktinformation 10/2009
- [3] -, -: GEOsolutions, Kverneland Group, Produktinformation 11/2009
- [4] -, -: Produktinformation, Backer No-Tillage Limited 08/2009
- [5] Steinert, K.: Neue Trends in der Sätechnik: Direktsaat stellt hohe Anforderungen. Landwirtschaft ohne Pflug 15 (2009), H. 9, S. 22-27
- [6] Köller, K., und B. Loibl: Sä- und Pflanztechnik. Jahrbuch Agrartechnik 19, Landwirtschaftsverlag Münster, 2007, S. 91-95
- [7] Hermann, W.: Rüben und Mais in Streifen säen. DLG-Mitteilungen 123 (2008), H. 7, S. 44-46
- [8] -, -: Legemaschinen als Kombi-Lösungen. Grimme, Produktinformation (2007)

6 Düngetechnik Fertilizing

6.2 Organische Düngung Organic Fertilizing

B. Johanning, Osnabrück

Das Marktsegment für große, leistungsfähige Flüssigmisttankwagen ist in den letzten Jahren kontinuierlich gewachsen. Dieser Trend wird durch eine beachtliche Anzahl technischer Innovationen flankiert. Die Ursachen für diese Entwicklung sind vielfältig. Den deutschen Markt beeinflussen drei Rahmenbedingungen wesentlich:

- Mit der Einführung der Düngeverordnung 2006 wurde die Schleppschlauchverteilung deutlich gestärkt. Hierdurch wird der Einsatz von technisch höherwertigen und größeren Flüssigmisttankwagen gefördert.
- Die gestiegenen Mineraldüngerpreise führen zu einer deutlich erhöhten Wertschätzung der organischen Düngung. Die Kundennachfrage an eine pflanzenbaulich optimale Ausbringung, die technisch nur mit entsprechender Sensorik und Aktorik gelöst werden kann, steigt.
- Die stark gewachsene Anzahl von Biogasanlagen führt zu deutlich steigenden Hof-Feld-Entfernungen und insgesamt zu einem überproportionalen Transportaufkommen bei der Flüssigmistausbringung. Hierdurch steigt die Nachfrage für große, schlagkräftige Flüssigmisttankwagen.



Bild 1: Moderner 4-Achs-Flüssigmisttankwagen mit Allradlenkung

Fig. 1: Modern 4-axle-slurry tanker with an all-wheel-drive steering system

The market segment for large, high-capacity liquid manure tankers has been growing continuously in the past years. This trend is supported by a considerable number of technical innovations. There are various reasons for this development. The German market is influenced primarily by three conditions:

- Due to the introduction of the Fertilizing Decree in 2006, distribution by line spreading booms has become significantly more important. This promotes the use of larger liquid manure tankers of a higher technical quality.
- The higher mineral fertilizer prices lead to considerably greater appreciation of organic fertilizing. The demand of customers for agronomically optimal spreading, whose technical realization requires appropriate sensors and actuators, is increasing.
- The significantly larger number of biogas plants leads to considerably growing farm – field distances and generally to disproportionate transport requirements for liquid manure spreading. As a result, the demand for large, high-capacity liquid manure tankers is growing.

Efficient liquid manure spreading

When the classic spreading technique is applied, which means that the liquid manure tanker is used for both spreading on the field and transport between the farm and the field, a large effective volume is decisive for profitable use. With regard to the permissible weight limits, different values for maximum tank sizes are indicated depending on the number of axles. These limits range between 16 and 18 m³ for tandem trailers and 21 to 24 m³ for tridem trailers [1; 2]. Given the large differences between the equipment variants of individual liquid manure trailers, however, maximum effective volumes can differ significantly. According to the Vehicle Safety Regulations, different design limits must be considered for the individual calculation of the effective volume of tandem and tridem trailers with a ball-type coupling 80 in Germany.

Schlagkräftige Flüssigmistausbringung

Bei dem klassischen Ausbringverfahren, bei dem der Flüssigmisttankwagen das Ausbringen auf dem Feld und gleichzeitig den Transport zwischen Hof und Feld übernimmt, ist ein großes Nutzvolumen für den wirtschaftlichen Einsatz entscheidend. Mit Bezug auf die zulässigen Gewichtsgrenzen werden in Abhängigkeit von der Achsanzahl unterschiedliche Richtwerte für maximale Tankgrößen angegeben. Für Tandemanhänger werden 16 bis 18 m³ und für Tridemanhänger 21 bis 24 m³ genannt [1; 2]. Mit Blick auf die stark unterschiedlichen Ausstattungsvarianten einzelner Flüssigmisttankwagen können sich aber deutlich abweichende maximale Nutzvolumina ergeben. Bei der individuellen Berechnung des maximal möglichen Nutzvolumens sind in Deutschland entsprechend der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) für Tandem- und Tridemanhänger mit K80-Untenanhängung unterschiedliche Auslegungsgrenzen zu berücksichtigen:

- Für Tandemanhänger ist das maximal zulässige Anhängergesamtgewicht von 24 t die einzuhaltende Grenze ($2 \times 10 \text{ t Achslast} + 4 \text{ t Stützlast}$).
- Für Tridemanhänger ist hingegen das zulässige Gesamtgewicht von 40 t für Fahrzeugkombinationen (Traktor + Anhänger) die einzuhaltende Grenze.

Beispielrechnungen zeigen, dass der Leichtbau von Flüssigmisttankwagen zur Erhöhung des Nutzvolumens zum Beispiel durch den Einsatz von Aluminium- oder Kunststofftanks trotz Mehrpreis betriebswirtschaftlich sinnvoll sein kann [3].

Die Arbeitsbreite der Schleppschlauchverteiler geht heute bis 33 m. Durch die großen Arbeitsbreiten können die Fahrgassen der Feldspritzen genutzt werden, so dass das Anlegen von zusätzlichen Fahrgassen entfällt. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die Reichweite pro Fass bei größeren Arbeitsbreiten reduziert wird und somit die Schlaglänge schnell größer als die Reichweite des Fasses sein kann. Ferner wird das Leergewicht des Flüssigmisttankwagens durch große Arbeitsbreiten erhöht und somit das Nutzvolumen reduziert.

Gerade bei großen Hof-Feld-Entfernungen, wie sie beispielsweise bei Biogasanlagen häufig vorkommen, werden der Transport und das Ausbringen zunehmend mit getrennten Fahrzeugen durchgeführt. Der Flüssigmisttransport wird dann von Sattelzügen mit großem Aufliegerfass übernommen. Kontinuierliche „Gülleketten“, die ohne Zwischenlagerung in Containern am Feldrand auskommen, sind besonders schlagkräftig. Eine Voraussetzung ist hierfür ein Flüssigmisttankwagen als Ausbringfahrzeug mit sehr großem Nutzvolumen, so dass das Aufliegerfass komplett übernommen werden kann. Um



Bild 2: Neues Füllstand- und Durchflussmesssystem
Fig. 2: New filling level and flow rate measuring system

- The limit to be observed for tandem trailers is the maximum permissible gross trailer weight of 24 t ($2 \times 10 \text{ t axle load} + 4 \text{ t tongue load}$).
- For tridem trailers, however, the permissible gross weight of 40 t for vehicle combinations (tractor + trailer) is the limit to be observed.

Model calculations show that light construction of liquid manure tankers for effective volume increase (by means of aluminium or plastic tanks, for example) can be profitable despite the higher price [3].

The working width of line spreading booms reaches up to 33 m today. The large working widths allow the sprayer tramlines to be used so that no additional tramlines are required. However, one must take into consideration that the working range per tanker is reduced as working widths grow, which means that field length can quickly exceed the range of the tanker. In addition, larger working widths increase the empty weight of the liquid manure tanker, which reduces the effective volume.

Especially when farm – field distances are large, which is often the case on farms with biogas plants, the use of separate vehicles for transport and spreading is becoming more and more common. Under these conditions, liquid manure transport is carried out by tractor-

eine ausreichende Bodenschonung für diese großen Flüssigmisttankwagen mit über 30 m³ Tankvolumen zu gewährleisten, ist der Einsatz von 4-Achs-Anhängern sinnvoll (Bild 1).

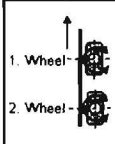
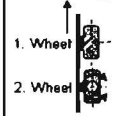
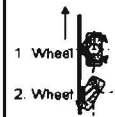
Definierte Ausbringmenge

Um die Flüssigmistdüngung optimal an die pflanzenbaulichen Erfordernisse anzupassen, müssen die Nährstoffhalte des Flüssigmists bekannt sein und die Ausbringmenge muss genau einzustellen sein. Für diese beiden Voraussetzungen sind technische Systeme verfügbar [4]. Die Herausforderung an die technische Entwicklung wird allerdings darin bestehen, die Systeme dem Anwender zu wirtschaftlich sinnvollen Kosten zur Verfügung zu stellen. Insbesondere bei der Dosierung der Ausbringmenge wurden Fortschritte erzielt. Zum Stand der Technik gehören bereits die Teilbreitenschaltung bei Schleppschlauchverteilern, die fahrgeschwindigkeitsabhängige Volumenstromregelung des Flüssigmists sowie deren Funktionsintegration in moderne Bediensysteme. Mit dem auf der Agritechnica 2009 vorgestellten iTANK-System (Bild 2) wurde darüber hinaus ein einfaches, preiswertes Füllstands- und Durchflussmesssystem vorgestellt, bei dem mit Hilfe einer lasergestützten, kontinuierlichen Füllstandmessung der Durchfluss bestimmt wird.

trailers with a large trailer tank. Continuous “slurry chains” which do not require intermediate storage in containers at the field’s edge are particularly efficient. This requires a liquid manure tanker with a very large effective volume as a spreading vehicle so that the tank trailer can be taken over completely. The use of 4-axis trailers is appropriate in order to guarantee sufficient soil protection by these large liquid manure tankers with a tank volume of more than 30 m³ (Fig. 1).

Defined application rate

In order to adapt liquid manure fertilizing optimally to the agronomical requirements, the nutrient contents of the liquid manure must be known, and it must be possible to set the application rate precisely. Technical systems are available which meet these two requirements [4]. However, the challenge for technical development will be to offer the user these systems at economically reasonable costs. Progress has been made in particular with regard to the adjustment of the application rate. Section control in line spreading booms, speed-dependent volume flow control for liquid manure, and its functional integration into modern operating systems are already state of the art. The iTANK, for example, a simple, low-cost filling

Lenkstrategiematrix: Tandemachsaggregat							
Steering strategies: Tandem carriage							
Lenkachsen Steering axes	Betriebsart Duty	Straßenfahrt On-road		Feldfahrt Off-road		Rangierfahrt Shunting trip	
	Fahrsituation Driving situation						
	Lenkstrategie Strategy	schnell fast	langsam slow	Bestand crop	Bodenschonung Base protection	kl. Wendekreis opt. turn radius	rückwärts reverse
	In Spur des Traktors Track tracing	gesperrt blocked	○	○	□	○	□
	Hundegang Track displaced driving	gesperrt blocked	gesperrt blocked	gesperrt blocked	○	gesperrt blocked	gesperrt blocked
	Hangabdrift Hillside driftage	gesperrt blocked	gesperrt blocked	⊙	⊙	gesperrt blocked	gesperrt blocked
	Einzelverstellung Manual adjustment	gesperrt blocked	gesperrt blocked	gesperrt blocked	gesperrt blocked	□	○
	Nachlauf Follow-up movement	○	□	□	□	□	□
	Notfall (2. Achse frei) Emergency system	△	△	△	△	△	△
	Vorlauf wird automatisch aktiviert, wenn Radwinkel maximal (2. Achse Anschlag) Forward motion (autom., when 2. axis on block)	gesperrt blocked	(○)	(○)	(□)	(○)	(□)
	Legende: ○ Vorzugsvariante Favorite ⊙ optional zuschaltbar Optional alternativ wählbar Alternative △ Notlenkung (autom. Aktivierung) Emergency □ autom. Aktiv. wenn 2. Achse am Anschlag □ autom. Aktiv. wenn 2. Achse am Anschlag						

Tafel 1: Lenkstrategiematrix [5]
Table 1: Steering strategies [5]

Elektrohydraulische Allradlenkung

Seit Anfang des Jahres 2010 gibt es die erste für die Straßenfahrt in Deutschland zugelassene elektrohydraulische Allradlenkung für Flüssigmisttankwagen auf dem Markt. Das Steer-by-Wire-System steht für Tandem-, Tridem- und Quadanhänger zur Verfügung. Entsprechend der vorgegebenen Lenkstrategie sowie dem zwischen Traktor und Anhänger gemessenen Deichselwinkel wird der Radeinschlagwinkel für jede Achse berechnet und mit Hilfe einer elektrohydraulischen Lageregelung eingestellt. In **Tafel 1** werden die möglichen Lenkstrategien für ein Tandemfass angegeben. Eine besondere Bedeutung für die Feld- und die Straßenfahrt hat das so genannte in „Spur-Fahren“. Hierbei läuft eine ausgewählte Achse des Anhängers in der Spur der Traktorhinterräder. Während der Feldfahrt kann so genau in der Fahrgasse gefahren werden und während der Straßenfahrt können schwierige Kurven, wie zum Beispiel ein enger Kreisverkehr, einfach durchfahren werden. Für die Feldfahrt stehen ferner spezielle Lenkarten, wie etwa der Hundegang, zur Verfügung, der eine maximale Bodenschonung im Grünland ermöglicht [5; 6].

level and flow rate measuring system presented at the Agritechnica 2009 (**Fig. 2**), determines the flow rate with the aid of laser-based, continuous filling level measurement.

Electrohydraulic all wheel steering

Since the beginning of the year 2010, the first electrohydraulic all-wheel steering system for liquid manure tankers approved for road rides has been on the German market. The steer-by-wire system is available for tandem, tridem, and quad trailers. Based on the given steering strategy and the drawbar angle measured between the tractor and the trailer, the steering angle is calculated for every axle and set with the aid of electrohydraulic position control. The potential steering strategies for a tandem tanker are shown in **Table 1**. So-called “tracking” is of particular importance for field and road rides. This means that a selected axle of the trailer runs in the track of the tractor rear wheels. During field rides, this allows the tramline to be followed precisely. During road rides, difficult bends, such as a narrow traffic circle, can be driven through easily. In addition, special steering modes such as crab steering, which provides the maximum degree of soil protection on grassland, are available [5; 6].

Literatur / Bibliography

- [1] Kowalewsky, H.-H.: Entwicklungstendenzen bei der Technik für Fest- und Flüssigmist. Landtechnik 61 (2006), H. 6, S. 360-361
- [2] Kowalewsky, H.-H.: Organische Düngung. In: Jahrbuch Agrartechnik 21, Landwirtschaftsverlag, Münster, 2009
- [3] Marx, B., B. Johanning und S. Kotte: Flüssigmisttankwagen in Leichtbauweise – ökonomische und ökologische Aspekte. Osnabrücker Leichtbautage 10./11.06.2010, Osnabrück
- [4] Kowalewsky, H.-H.: Trends bei der Technik für Kot, Fest- und Flüssigmist. Landtechnik 63 (2008), H. 6, S. 330-331
- [5] Bröcker, M., B. Johanning und J. Meyer: Strategiewechsel beim Lenken. Mobile Maschinen (2009), H. 3, S. 21-23
- [6] Bröcker, M., B. Johanning und S. Kotte: Entwicklung einer elektrohydraulischen Lenkung für Flüssigmisttankwagen. VDI-Berichte 2045, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2008, S. 145-149

7 Halmguterntetechnik Crop Harvesting

7.3 Halmgutkonservierung Crop Preservation

T. Hoffmann, Potsdam-Bornim

Hochwertiges Grundfutter ist eine wichtige Voraussetzung für eine hohe Leistung der Wiederkäuer und für den Erhalt der Tiergesundheit. Zum Grundfutter zählen frisches Weidefutter, Silagen und Heu. Um eine ganzjährige Futterversorgung sicherstellen zu können, muss das Futter durch Silieren oder Trocknen konserviert werden.

Siliverfahren

Beim Silieren wandeln Bakterien unter Ausschluss von Luft im Halmgut enthaltene pflanzliche Kohlenhydrate in organische Säuren um. Ein einwandfreier Gärverlauf setzt eine rasche Entwicklung der Milchsäurebakterien voraus. Alle anderen Mikroorganismen im Silofutter stehen in Konkurrenz zu den Milchsäurebakterien und sind zu unterdrücken.

Für einen besseren Gärverlauf und zum Vermeiden der Nachgärung können Siliermittel eingesetzt werden. Je nach Pflanzenbestand, Trockensubstanzgehalt, Zuckergehalt, Pufferkapazität, natürlichem Keimgehalt und Verschmutzung muss der Anwender das geeignete Siliermittel auswählen. Derzeit werden 73 Siliermittel mit Gütezeichen von 26 Herstellern angeboten [1].

Von der Firma Pioneer ist ein Siliermittel für Gras unter der Verwendung des *Lactobacillus-buchneri*-Stammes entwickelt worden [2]. Der Bakterien-Stamm produziert neben Milch- und Essigsäure auch spezielle Enzyme, so genannte Ferulatesterasen, welche die Ligninverbindungen auflösen und damit die Zellwandverdaulichkeit erhöhen.

Für die Silierung von nachwachsenden Rohstoffen für die Biogasproduktion werden spezielle Siliermittel angeboten, die durch heterofermentative Milchsäurebakterien verstärkt Essigsäure bilden [3]. Im Biogasfermenter stellt Essigsäure im vierstufigen Umwandlungsprozess eine Vorstufe von Methan dar.

Horizontalsilo

Horizontalsilos bieten die Möglichkeit, die von der leistungsfähigen Ernte- und Bergetechnik erzeugten hohen

High-quality forage is an important prerequisite for high ruminant performance and the preservation of animal health. Forage includes fresh pasture forage, silage, and hay. In order to guarantee year-round feed supply, forage must be preserved by means of ensilage or drying.

Ensilage techniques

During ensilage, anaerobic bacteria convert vegetable carbohydrates in the hay into organic acids. Problem-free fermentation requires rapid development of lactic acid bacteria. All other microorganisms in the silage compete with lactic acid bacteria and must be suppressed.

Silage additives can be used in order to improve the fermentation process and to avoid postfermentation. The user must choose the suitable silage additive depending on the crop, the dry matter content, the sugar content, buffer capacity, the natural germ content, and soiling. Currently, 73 silage additives with a quality mark are offered by 26 manufacturers [1].

The company Pioneer developed a silage additive for grass based on the *Lactobacillus buchneri* strain [2]. This strain of bacteria not only produces lactic and acetic acid, but also special enzymes (so-called ferulate esterases) which dissolve the lignin connections and therefore increase cell wall digestibility.

For the ensilage of renewable raw materials and biogas production, special silage additives are offered which produce more acetic acid with the aid of heterofermentative lactic acid bacteria [3]. In the biogas fermenter, acetic acid is a precursor of methane in the four-stage conversion process.

Horizontal silo

Horizontal silos can absorb the large mass flows produced by high-capacity harvesting and pick-up equipment. Storage and compression, however, are often a bottleneck in the process chain [4]. This applies in particular when small farms have hay harvesting and trans-

Masseströme aufzunehmen. Einlagern und Verdichten bilden aber häufig einen Engpass in der Verfahrenskette [4]. Das gilt insbesondere dann, wenn kleine landwirtschaftliche Unternehmen die Halmguternte und den Transport durch Lohnunternehmer mit Großmaschinen erledigen lassen [5].

Um die Verdichtungsleistung am Silo zu erhöhen, setzen einige Landwirte aus dem Straßenbau stammende Walzen mit vibrierenden Walzkörpern ein [6]. Verdichtungsversuche mit Vibration haben in einem Laborversuchsstand bei Anwelkgras gezeigt, dass zumindest bei den Vibrationsfrequenzen von 5 und 29 Hz die in der Praxis beobachtete höhere Verdichtungswirkung nicht auf die vibrierende Bewegung des Walzkörpers zurückzuführen ist. Als Ursache für die bessere Verdichtung wird die durch die Unwucht im Walzkörper hervorgerufene größere Vertikalkraft angesehen [4].

Für einen besseren Luftabschlusses bei Fahrsilos sind spezielle Folien mit einer verringerten Gasdurchlässigkeit entwickelt worden [7; 8].

Schlauchsilierung

Die Schlauchsilierung hat sich als ein Standardverfahren zur Konservierung von Halmgütern etabliert. Beim Befül-

port carried out by contractors with large machines [5]. In order to increase compression in the silo, some farmers use rollers with vibrating roll bodies [6] from road construction. Compression tests with prewilted grass on a laboratory test rig with a vibrating plunger showed that at least at vibration frequencies of 5 and 29 Hz the greater compression effect observed in practice cannot be attributed to the vibrating motion of the roll body. The greater vertical forces caused by imbalance in the roll body are considered the reason for better compression [4].

Special films providing reduced gas permeability have been developed for better air exclusion in horizontal silos [7; 8].

Hose ensilage

Hose ensilage has established itself as a standard technique for crop preservation. When filling the hose, one must make sure that the crops are evenly and sufficiently compressed in the hose. Pressure is controlled by manually braking the bagger while the hose is being filled. An automatic pressure control system has been developed for even, optimal filling of the film hose [9]. The increase in hose height and width measured by

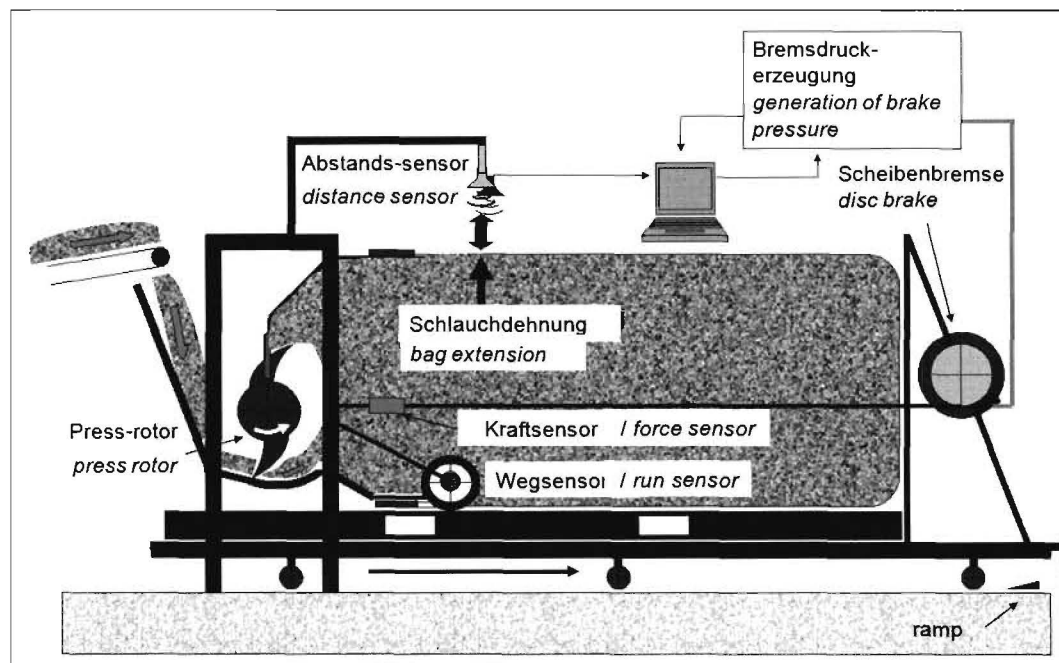


Bild 1: Aufbau der Versuchsschlauchpresse [9]

Fig. 1: Configuration of the experimental bagger [9]

len des Schlauches ist auf eine gleichmäßige und ausreichend hohe Verdichtung des Siliergutes im Schlauch zu achten. Der Pressdruck beim Befüllen des Schlauches wird über eine manuell gesteuerte Anbremsung der Schlauchpresse geregelt. Zur gleichmäßigen und optimalen Befüllung des Folienschlauches ist eine automatische Pressdruckregelung entwickelt worden [9]. Mit Abstandssensoren wird die Zunahme der Schlauchhöhe und -breite gemessen und als Regelgröße für das Anbremsen der Schlauchpresse verwendet (**Bild 1**).

Die Firma Alka aus Österreich entwickelte eine Schlauchpresse Silospeed Alka G5, die mit herkömmlicher Folie arbeitet [10]. Bei dieser Schlauchpresse wird 8 m breite Folie verwendet. Die Folie wird auf 2 m zusammengefaltet, der Presse zugeführt und beim Pressen zu einem Tunnel geformt. Der Bereich unter der Folie bleibt frei. Das Verfahren erreicht im Außenbereich des Schlauches eine hohe Verdichtung.

Ballensilierung

Die im Ballen vorhandene Lagerungsdichte hat einen großen Einfluss auf die Silagequalität. Seit einiger Zeit werden zum Messen der Lagerungsdichte Penetrometer mit eindimensionaler Datenanalyse eingesetzt. Durch Einbeziehung einer kartengestützten, zweidimensionalen Flächengrafik ist es gelungen, zusätzliche Informationen für die Verdichtungsqualität zu gewinnen [11]. Bei der Ballensilierung von Luzerne hat sich gezeigt, dass auch bei geringen Feuchtegehalten von 30 bis 40 % eine Konservierung mit geringen Trockenmasseverlusten möglich ist [12].

Heuproduktion

Heu muss zur Lagerung ausreichend getrocknet sein. Einige Landwirte trocknen in stationären Anlagen mit technischer Belüftung. Um Energie zu sparen, sollte der Ventilator auf der sonnenbeschienenen Hallenseite angeordnet werden. Dadurch saugt der Ventilator warme Luft mit erhöhtem Trocknungspotenzial an. Ein Sonnendach über dem Ventilator verstärkt diesen Effekt und kann helfen, bis zu 40 % Energie einzusparen [13]. Bei der Lagerung von Heu in Ballen kann zwischen verschiedenen Varianten der Umwicklung und Lagerung gewählt werden. Bei umfangreichen Untersuchungen wurden Großballen mit Luzerne-Heu hinsichtlich der Arbeitsproduktivität, der Empfindlichkeit gegen Feuchte sowie der Masse- und Nährstoffverluste untersucht [14].

distance sensors is used as a control variable for bagger braking (**Fig. 1**).

The company Alka from Austria developed a bagger ("Silospeed Alka G5") which works with conventional, 8 m wide film [10]. The film is folded down to 2 m, fed into the bagger and shaped into a tunnel during compression. The area underneath the film remains empty. This technique reaches a high degree of compression in the outer area of the hose.

Bale ensilage

Compression density in the bale has great influence on silage quality. Penetrometers combined with one-dimensional data analysis are a technique which has been applied for quite some time in order to measure compression density. The inclusion of map-based, two-dimensional area graphics provided additional information with regard to compression quality.

The bale ensilage of alfalfa showed that preservation causing low dry matter losses is possible even at low moisture contents of 30 to 40% [12].

Hay production

Hay must be sufficiently dried for storage. Some farmers dry it in stationary units with technical ventilation. In order to save energy, the fan should be placed on the hall side exposed to sunshine. As a result, the fan sucks in warm air with increased drying potential. A sun roof over the fan enhances this effect and can help to save up to 40% of energy [13].

When hay is stored in bales, one can choose between different variants of wrapping and storage. In extensive studies, big bales of alfalfa hay were examined with regard to work productivity, susceptibility to moisture damage, as well as mass and nutrient losses [14].

Literatur / Bibliography

- [1] *Thaysen, J.*: Siliermittel zur Grundfutterkonservierung – Verbriefte Wirkung. *Neue Landwirtschaft* 20 (2009), H. 5, S. 66-67
- [2] --: Konservieren und aufschließen. *dlz* 60 (2009), H. 4, S. 102-104
- [3] *Nussbaum, H. J.*: Doping für NawaRo-Silagen. *dlz* 59 (2008), H. 9, S. 90-93
- [4] *Schemel, H., Ch. Füll und Th. Hoffmann*: Untersuchungen zum Einfluss des Pressdrucks und der Vibration auf die Verdichtung von Anwelksiliergut. *Landtechnik* 64 (2009), H. 3, S. 181-183
- [5] *Wyss, U.*: Futterkonservierung: Der Lohnunternehmer ist gefordert. *Schweizer Landtechnik* 71 (2009), H. 4, S. 11-12
- [6] *Häbler, J., R. Tölle und J. Hahn*: Vibrationswalzen zur Verdichtung von Siliergut. *Landtechnik* 63 (2008), H. 1, S. 28-29
- [7] *Rich, K., et al.*: Effect of an oxygen barrier film ("Silo-stop") on composition and losses of organic matter from the upper layers of forage sorghum ensiled in large bunker silos. XVth International Silage Conference 27.-29.7.2009, Madison, S. 305-306
- [8] *Amaral, R. C., et al.*: Top losses in silos containing corn silage according to the sealing method adopted. XVth International Silage Conference 27.-29.7.2009, Madison, S. 197-198
- [9] • *Maack, G. C.*: Untersuchungen zur Lagerungsdichte bei der Futterkonservierung in Folienschläuchen. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 2009, S. 137.
- [10] --: Endlos silieren. *dlz* 60 (2009), H. 4, S. 98-100
- [11] *Büscher, W., et al.*: Verbesserte Dichtebestimmung von Silageballen mit Penetrometern. *Landtechnik* 64 (2009), H. 3, S. 187-190
- [12] *Shinners, K. J., et al.*: Storage characteristics of large round and square alfalfa bales: Low-moisture wrapped bales. *Transactions of the ASABE* 52 (2009), H. 2, S. 401-407
- [13] *Gnädiger, R.*: Strom sparen bei der Heubelüftung. *Schweizer Landtechnik* 71 (2009), H. 10, S. 16-19
- [14] *Shinners, K. J., et al.*: Storage characteristics of large round alfalfa bales: Dry hay. *Transactions of the ASABE* 52 (2009), H. 2, S. 409-418

8 Körnererntetechnik Grain Harvesting

8.2 Körnerkonservierung Grain Preservation

J. Mellmann und Th. Hoffmann, Potsdam-Bornim

Getreide ist eines der wichtigsten Grundnahrungsmittel, daher kommt der Qualitätssicherung eine hohe Bedeutung zu. Die Preise für Getreide sind wieder auf Interventionsniveau angekommen. Für die Vermarktung stellt sich daher die Frage, ob die Preise stärker steigen als die Lagerkosten [1]. Steigende Energie- und Rohstoffpreise haben zur Erhöhung der Verfahrenskosten geführt. Gegenwärtig stehen deshalb Maßnahmen zur Energie- und Ressourceneffizienz im Vordergrund vieler Entwicklungsarbeiten, wobei die Erhöhung der Energieeffizienz oftmals den Synergieeffekt steigender Produktqualität bewirkt. Ein großes Potenzial zur Energieeinsparung liegt in der Vermeidung von Befeuchtungs- und damit Trocknungsvorgängen und in der Trockneroptimierung [2]. Der optimale Erntezeitpunkt ist in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung, um möglichst trockenes Getreide zu ernten. Dieser hängt nicht nur von der Reife des Bestandes ab. Ebenso müssen Kapazitäten an Mähdreschern und Lagerraum, die Witterungsverhältnisse und Zwiewuchs berücksichtigt werden [3]. Reinigung, Belüftung, Kühlung und Trocknung zählen zu den Kernkompetenzen nicht nur in der Lagerwirtschaft und müssen sachgerecht beherrscht werden [4].

Belüftungstrocknung

Die Investitionsentscheidung bei der Wahl des geeigneten Trocknungsverfahrens hängt maßgeblich von den betrieblichen Voraussetzungen ab. Die Lagerbelüftungstrocknung sollte immer dann in Betracht gezogen werden, wenn Lagerraum neu erstellt wird [3]. Der thermische Energiebedarf der Belüftungstrocknung beträgt nur etwa 16 bis 24 % in Relation zu leistungsfähigen Warmlufttrocknern. Bei der Neueinrichtung eines Flachlagers sollten befahrbare Unterflurkanäle oder Belüftungsböden installiert werden, insbesondere dann, wenn die Trocknungszellen mehrmals im Jahr entleert werden [5]. In vorhandenen Hallen bieten sich preisgünstige Wellblechkanäle oder Teleskopbelüftungskanäle an. Die Belüftungstrocknung kann in Flachlagern bei Getreidefeuchten bis maximal 20 % eine passende

Grain is one of the most important basic food items. For this reason, quality assurance is highly important. Grain prices have reached the intervention level again. With regard to marketing, this raises the question of whether prices grow more than storage costs [1]. Increasing energy and raw material prices have led to higher process expenses. Therefore, many development projects are focusing on measures which improve energy and resource efficiency. Greater energy efficiency often provides better product quality as a synergy effect. Great potential for energy conservation lies in the avoidance of moistening and, hence, drying processes as well as dryer optimization [2]. The optimal harvest time is of particular importance for this purpose so that the grain is harvested when it is as dry as possible. The right harvest time not only depends on the ripeness of the grain. Combine and storage facility capacities, the weather conditions, and second growth must also be considered [3]. Cleaning, ventilation, cooling, and drying count among the core competences not only in agriculture and require proper knowledge [4].

Ventilation drying

The investment decision for the choice of the suitable drying technique primarily depends on the conditions on the farm. Storage ventilation drying should always be considered when storage facilities are newly built [3]. The thermal energy requirements of ventilation drying only range between approximately 16 to 24% as compared with high-capacity hot-air dryers. When a horizontal store is newly built, underfloor channels or ventilation floors suitable for vehicles should be installed in particular when the drying cells are emptied several times per year [5]. In existing halls, low-cost corrugated iron channels or telescope ventilation channels suggest themselves. Ventilation drying can be an appropriate solution in horizontal stores if grain moisture does not exceed a maximum of 20%. In regions characterized by high precipitation levels and heavily fluctuating harvest moisture, however, hot-air drying is the more reliable technique.

Lösung sein. In Gebieten mit hohen Niederschlägen und stark wechselnden Erntefeuchten ist dagegen die Warmlufttrocknung das sicherere Verfahren.

Warmlufttrocknung

Der aktuelle Stand der Technik und die Grundlagen zur Getreidetrocknung werden in [6] anschaulich und umfassend dargestellt. Dem Trend steigender Mähdruschschlagkraft und zunehmender Lohnrocknung folgt die Firma Riela, Riesenbeck, mit der Entwicklung des neuen, energiesparenden Dächerschachttrockners vom Typ GDT 400 „Gigant“. Dieser ist für einen Durchsatz von bis zu 100 t/h Getreide bei einer Feuchtereduzierung von 19 auf 15 % ausgelegt [7]. Es werden Maßnahmen zur Energieeinsparung genannt, die in diesem neuen Trocknerkonzept umgesetzt wurden. Hierzu zählen unter anderen die Nutzung der Abwärme der Kühlzone und der unteren Trocknungszone (Teilumluftführung, siehe **Bild 1**) sowie die Isolation des Trockners mit Iso-Paneelen. Eine Zusammenstellung der Möglichkeiten zur Energieeinsparung bei der Getreidetrocknung findet sich in [6]. Danach ist die Abwärmenutzung der gesamten Trocknerabluft noch in der Phase der Markteinführung. Mit einem neu entwickelten Kunststofflamellen-Luft/Luft-Wärmeüberträger konnte die Firma KWA, Greven, in Umluftrocknern für Mais 15 % der Trock-

Hot-air drying

The current state of the art and the fundamentals of grain drying are clearly and comprehensively described in reference [6]. The company Riela, Riesenbeck, is following the trend towards growing combining capacities and more contracted drying by developing the new, energy-saving mixed-flow dryer of the type GDT 400 „Gigant“. This unit is designed for a throughput of up to 100 t/h of grain and moisture reduction from 19 to 15% [7]. Energy saving measures implemented in this new dryer concept are described. They include the utilization of waste heat from the cooling zone and the lower drying zone (partial air recirculation, cf. **Fig. 1**) as well as the insulation of the dryer with the aid of insulating panels. The options of energy conservation in grain drying are listed in reference [6]. According to this publication, the utilization of the waste heat of the entire exhaust air from dryers is still in the phase of market introduction. By means of newly developed plastic lamella air/air heat exchangers, the company KWA, Greven, was able to save 15% of the drying energy in recirculating air dryers for maize [8]. The entire exhaust air flow is cooled by the aspirated fresh air, which is preheated during this process. The flowing-off condensate has a self-cleaning effect on the specially formed lamella surface. The company Romberger realized vari-

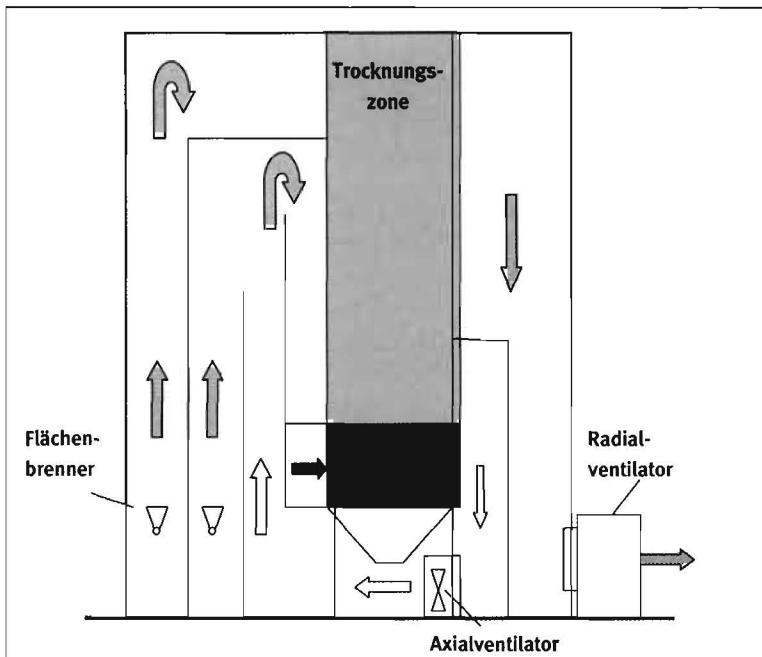


Bild 1: Dächerschachttrockner mit Wärmerückgewinnung aus der Abluft der Kühlzone und dem unteren Teil der Trocknungszone mittels Umluftventilator [6]
Fig. 1: Mixed-flow dryer with heat recovery from exit air of the cooling zone and the lower part of the drying zone using a recirculation air ventilator [6]
 Flächenbrenner – Surface burner; Trocknungszone – drying zone; Kühlzone – cooling zone; Axialventilator – Axial-flow fan; Radialventilator – Radial fan

nungsenergie einsparen [8]. Der gesamte Abluftstrom wird von der angesaugten Frischluft gekühlt, die dabei vorgewärmt wird. Das abfließende Kondensat bewirkt auf der speziell geformten Lamellenoberfläche einen selbstreinigenden Effekt. Unterschiedlich einstellbare Temperaturbereiche in der Trocknungszone hat die Firma Romberger in ihrem Trockner der Bauart „Eco Star“ verwirklicht, die auf einem patentierten Wärmemanagement basieren [9]. Über einen separaten, von den anderen Zonen getrennten Umluftkanal mit Lüfter werden die Kühlluft und die Abluft aus den unteren Trocknungszone abgesaugt und der Zuluft beigemischt (bis zu 50 % des Gesamtluftstroms). Zur geräusch- und staubarmen Absaugung der Abluft werden Hochleistungs-Axialturbinen mit hohem Wirkungsgrad eingesetzt [10]. Weitere Energieeinsparpotenziale liegen in der Vorreinigung und in der Anwendung des Schwitzprozesses vor der Trocknung bei Zwischenlagerung in Feuchtzellen [3].

Die Grundlagenforschung ist gegenwärtig fokussiert auf die Trockneroptimierung mit dem Ziel der Effizienzsteigerung. Zur Anwendung kommen beispielsweise die experimentelle Verweilzeitanalyse und moderne numerische Berechnungsmethoden und -modelle wie die Diskrete-Elemente-Methode (DEM) zur Partikelbewegung und Computational Fluid Dynamics (CFD) für Strömungssimulationen [11 bis 14].

Getreidekühlung

Getreide kann grundsätzlich mit kalter nächtlicher Außenluft oder mit technisch gekühlter Luft nach der Ernte abgekühlt werden. Um Getreide sicher „gesund zu erhalten“, sollte es bei einem Feuchtegehalt von 15 % auf unter 15 °C temperiert werden [15]. Der Vorteil der Getreidekühlgeräte liegt in der Unabhängigkeit dieses Verfahrens von den Witterungsverhältnissen. Moderne Kühlgeräte schalten bei sinkenden Außentemperaturen automatisch auf Lüftungsbetrieb um und umgekehrt. Dies steigert deren Wirtschaftlichkeit. Kühlgeräte sind sehr gut zur überbetrieblichen Nutzung geeignet, so dass eine hohe Auslastung auch bei Kooperation mehrerer Kleinbetriebe zu erreichen ist [5]. Der Getreidestapel kann innerhalb von drei bis vier Wochen auf sichere Lagertemperatur gebracht werden. Bei der Kühlung mit Außenluft mit Hilfe von Ventilatoren sind dafür unter ungünstigen Bedingungen zwei bis drei Monate erforderlich.

ably adjustable temperature ranges in the drying zone of its “Eco Star” dryer model. This temperature adjustment is based on patented heat management [9]. The cooling and exhaust air from the lower drying zones is sucked off via a separate recirculating air channel set apart from the other zones and equipped with a fan. Afterwards, it is added to the fresh air (up to 50% of the entire air flow). High-capacity axial-flow turbines with a high degree of efficiency are used for the low-noise and low-dust removal of exhaust air by suction [10]. Precleaning and the application of the transpiration process before drying during intermediate storage in moist cells provide additional savings potential [3]. Basic research is currently focusing on dryer optimization with the goal of increasing efficiency. Among the techniques applied are experimental residence time analysis and modern numerical calculation methods and models, such as the discrete element method (DEM) for the determination of particle motion and computational fluid dynamics (CFD) for flow simulation [11 to 14].

Grain cooling

In principle, cool nocturnal outdoor air or technically cooled air can be used to dry grain after the harvest. In order to reliably “keep grain healthy”, it should be stored at a moisture content of 15% and temperatures below 15°C [15]. The advantage of grain cooling equipment lies in the independence of this technique from the weather conditions. Modern cooling equipment automatically switches to ventilation operation when outdoor temperatures sink and vice versa. This increases its efficiency. Cooling systems are very suitable for cooperative use. For this reason, several cooperating small farms can reach a high degree of capacity utilization [5]. The temperature of the grain pile can be reduced to a level suitable for safe storage within three to four weeks. Under unfavourable conditions, this process can take two to three months if outdoor air is used for cooling with the aid of fans.

Preservation of harvest-moist grain

Drying costs have risen by approximately 20% in the past years [16]. Therefore, preservation techniques without water removal are becoming more and more interesting. Feed grain can be preserved by adding propionic acid or dietary urea. The mobile auger conveyor with acid metering is considered the standard technique for horizontal storage [5]. Technical cooling is

Konservierung von erntefeuchtem Getreide

In den vergangenen Jahren sind die Trocknungskosten um rund 20 % gestiegen [16], so dass zunehmend Konservierungsverfahren ohne Wasserentzug interessanter werden. Futtergetreide kann durch Zusatz von Propionsäure oder Futterharnstoff konserviert werden. Als Standardverfahren gilt die fahrbare Förderschnecke mit Säuredosiereinrichtung zur Einlagerung im Flachlager [5]. Auch die technische Kühlung ist geeignet, Getreide vor Verderb zu schützen [16; 17]. Zwar behält das Getreide beim Kühlen seine Anfangsfeuchte nahezu bei, aber Schadinsekten und Mikroorganismen können sich bei Temperaturen unter 15 °C nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr vermehren. Masseverluste durch Kornatmung werden reduziert.

Als alternative Maßnahme gegen Insekten ist Ozon in die Getreideschüttung eingeleitet worden [18]. Der Besatz an Insekten ist ein Hinweis auf die Qualität des Konservierungsverfahrens. Weil das manuelle Einsammeln der Insekten und das Bestimmen des Besatzes zeit- und kostenintensiv sind, wurde eine elektronische Insektenfalle entwickelt. Das als Elektronik Grain Probe Trap (OPI Insector) bezeichnete System ist gekoppelt mit einem Expertensystem Stored Grain Advisor Pro zur Abschätzung der Befallsdichte [19].

Lagerung

Die hofeigene Lagerung bietet die Möglichkeit, das Getreide zu einem Zeitpunkt zu verkaufen, bei dem ein hoher Erlös erzielt werden kann. Nur gibt es keine Garantie für die Preisentwicklung. Neben den Erlösmöglichkeiten ist zu bedenken, dass die hofeigene Lagerung gegenüber einer Lagerung beim Landhandel weniger Transportaufwand verursacht [20]. Um bei Bedarf zusätzlichen Lagerraum zu schaffen, kann ein Baukastensystem mit dem Namen Crop Circle eingesetzt werden. Bei diesem System werden verzinkte Siloplaten kreisrund verschraubt. Je nach Durchmesser und Wandhöhe können 150 bis 3.200 t Getreide gelagert werden [21]. Trockenes Getreide kann auch in Siloschläuchen und damit ohne Belüftung gelagert werden. Die Qualität des Getreides bleibt erhalten [22; 23]. Vor dem Einlagern sollte das Getreide gereinigt werden. Durch eine Vorreinigung mit Hilfe von Zyklonen können bis zu 85 % des Besatzes abgeschieden werden [17]. Die Reinigung des Getreides ist auch bei Futtergetreide zu empfehlen, weil der Getreideanteil in Futtermischungen 50 bis 80 % betragen kann. Neben dem typischen Besatz ist der partikulär vorhandene und auch der am

also suitable for the protection of grain against rotting [16; 17]. Even though the initial moisture of the grain remains virtually unchanged during cooling, the reproduction of harmful insects and microorganisms is impaired or becomes entirely impossible at temperatures below 15°C. Mass losses due to grain respiration are reduced.

As an alternative measure for insect control, ozone was led into the grain pile [18]. Insect infestation is an indication of the quality of the preservation technique. Since the manual collection of insects and the determination of infestation are time and cost-intensive, an electronic insect trap was developed. The system termed electronic grain probe trap (OPI Insector) is coupled with the expert system Stored Grain Advisor Pro for the estimation of infestation [19].

Storage

Storage on the farm allows the grain to be sold when profits are high. However, there is no guarantee for the price development. In addition to potential profits, the reduced transport requirements of on-farm storage as compared with commercial storage must be considered [20]. A modular system termed Crop Circle enables additional storage space to be created. This system consists of galvanized silo plates bolted in a circle. Depending on the diameter and wall height, 150 to 3,200 t of grain can be stored [21]. Dry grain can also be stored in silo hoses and, hence, without ventilation. The quality of the grain remains constant [22; 23]. Before storage, the grain should be cleaned. Precleaning with the aid of cyclones allows up to 85% of the dirt to be separated [17]. Grain cleaning is also recommended for feed grain because the percentage of cereals in feed rations can range between 50 and 80%. In addition to typical dirt, dust at particular locations as well as dust particles attached to the grain are carriers of undesirable and impermissible contamination and thus cause potential danger for the animals [24].

Korn anhaftende Staub Träger von unerwünschten und unzulässigen Kontaminationen und stellt damit ein Gefährdungspotenzial für die Tiere dar [24].

Literatur / Bibliography

- [1] *Bickert, C.*: Lagern, warten – was sonst? DLG-Mitteilungen Jg (2009), H. 9, S. 64-65
- [2] *Mellmann, J.*: Neuere Forschungen des ATB zur landwirtschaftlichen Trocknungstechnik. Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 65 (2009), S. 116-133
- [3] *Winter, A.*: Sparsam trocknen. BauernZeitung 58 (2010), H. 3, S. 32-33
- [4] *Baitinger, A.*: Getreideforschung 21. 7. Teil: Müllerei. Mühle + Mischfutter 146 (2009), H. 17, S. 537-544
- [5] *Uppenkamp, N.*: Gut abwägen. BauernZeitung 58 (2010), H. 3, S. 29-31
- [6] • *Mühlbauer, W.*: Getreidetrocknung. Grundlagen und Verfahren. AgriMedia Verlag, Clenze, 2009
- [7] *Heindl, A.*: Trocknung von Getreide und Mais mit Dächerschachttrocknern. Mühle + Mischfutter 147 (2010), H. 7, S. 202-203
- [8] *Wall, E.*: Energiegewinnung bei der Trocknung von Mais. Mühle + Mischfutter 146 (2009), H. 18, S. 608-609
- [9] *Poppe, G.*: Trocknungsanlage „Eco Star“, Bauart Romberger. Mühle + Mischfutter 147 (2010), H. 11, S. 344-345
- [10] *Poppe, G.*: Trocknungsanlagen, Bauart Romberger. Mühle + Mischfutter 147 (2010), H. 7, S. 210
- [11] *Iroba, K. L., et al.*: Residence Time Distribution in Mixed-Flow Grain Dryers. Drying Technology 28 (2010), in press
- [12] *Böhner, M., et al.*: Optimierung der Luftführung eines Bandrockners mittels Strömungssimulation. Landtechnik 64 (2009), H. 3, S. 175-177
- [13] *Khatchatourian, O. A., N. A. Toniazzo and Y. F. Gortyshov*: Simulation of airflow in grain bulks under anisotropic conditions. Biosystems Engineering 104 (2009), S. 205-215
- [14] *Zare, D., and G. Chen.*: Evaluation of a simulation model in predicting the drying parameters for deep-bed paddy drying. Computers and Electronics in Agriculture 68 (2009), S. 78-87
- [15] *Kolb, R. E.*: Energiesparende Qualitätssicherung von Getreide. Mühle + Mischfutter 147 (2010), H. 7, S. 205-206
- [16] *Thaysen, J.*: Es geht auch ohne Trocknung. Neue Landwirtschaft 20 (2009), H. 2, S. 71-73
- [17] -.-: Agritechnica 2009. Mühle + Mischfutter 147 (2010), H. 2, S. 34-37
- [18] *Tiwari, B. K., et al.*: Application of ozone in grain processing. Journal of Cereals Science 51 (2010), H. 3, S. 248-255
- [19] *Flinn, P. W., G. P. Opit and J. E. Throne*: Predicting stored grain insect population densities using an electronic probe trap. Journal of Economic Entomology 102 (2009), H. 4, S. 1696-1704
- [20] *Grube, J.*: Das Getreide ins eigene Lager. profi 21 (2009), H. 8, S. 92-94
- [21] -.-: Flexibles Lager für 150 bis 3200 Tonnen Getreide von Bin-Tec. Landtechnik 65 (2010), H. 2, S. 145
- [22] *Gastón, A., et al.*: Mathematical modelling of heat and moisture transfer of wheat stored in plastic bags (silobags). Biosystems Engineering 104 (2009), S. 72-85
- [23] *Wagner, A., und Ch. Idler*: Sichere Alternative. Neue Landwirtschaft 20 (2009), H. 6, S. 51-53
- [24] *Löwe, R., und A. Feil*: Reinigung von Futtergetreide – Erste Erkenntnisse. Mühle + Mischfutter 147 (2010), H. 10, S. 298-300

9 Hackfruchternte Root Crop Harvesting

P. Schulze Lammers und O. Roller, Bonn, sowie R. Peters, Dethlingen

Zuckerrübenerntetechnik

Die Firmen Holmer und Kleine präsentieren neue Rodeaggregate, die sich durch Einzelaufhängung besser an Bodenunebenheiten (auch Fahrgassen und Feldränder) anpassen können. Es wird erwartet, dass durch die bessere Bodenangepassung weniger Erde aufgenommen wird.

Die Firma Grimme bietet nun auch eine kostengünstigere Radfahrwerk-Lösung an. Das Knickgelenk kann aktiv im Hang den Roder ausbalancieren. Die Vorderachse ist als Portalachse ausgeführt und erlaubt eine großzügigere Dimensionierung des Siebbandes. Durch ein spezielles Brems- und modifiziertes Antriebssystem (bei Straßenfahrt wird der Ölstrom aus der Vorderachse in die Hinterachse umgeleitet) wurde eine 40 km/h Straßenzulassung erzielt.

Im Bereich der Rübenreinigung stellt Holmer im Reinigungslader eine variable Reinigungsintensität durch unterschiedliche Geschwindigkeiten der Verteil- und Sammelwalzen in der Aufnahme vor. Die Rüben werden durch eine geringe Drehzahl der Verteilwalzen und eine hohe Zuführgeschwindigkeit der Sammelwalzen schonender transportiert. Durch eine hohe Verteilwalzenge-

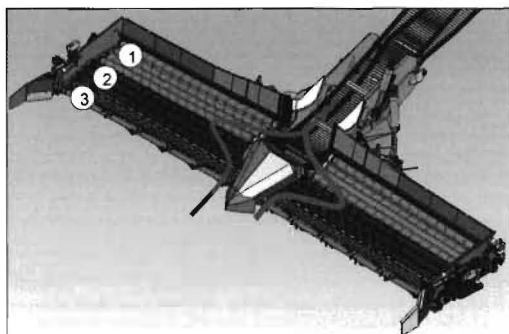


Bild 1: Aufnahmetisch des Reinigungsladers Holmer Terra Felis 2 (Quelle: Holmer Maschinenbau GmbH); 1) Sammelwalzen, 2) Verteilwalzen, 3) Finger- und Übergabewalzen

Fig. 1: Pick up header of cleaner-loader of Holmer Terra Felis 2; 1) collecting rollers, 2) distribution rollers, 3) finger and transfer roller

Sugar beet harvesting machinery

The companies Holmer and Kleine present new lifting units whose individual suspension allows them to adapt better to uneven terrain (including tramlines and field edges). Better soil contour adaptation is expected to reduce the quantity of soil picked up by the machine.

The company Grimme now also offers a less expensive wheeled chassis solution. Its articulated joint can actively balance the six-row harvester out on slopes. The front axle is designed as a portal axle and allows for larger dimensioning of the sifting belt. Thanks to a special brake and a modified drive system which diverts the oil flow from the front to the rear axle during road rides, approval for 40 km/h road rides was granted.

In beet cleaning, Holmer presents variable cleaning intensity in the cleaner-loader based on different speeds of the distribution and collecting rollers in the pick-up unit. The beet is transported more gently thanks to a lower rotational speed of the distribution rollers and a high feeding speed of the collecting rollers. Due to a high speed of the distribution rollers and a medium rotational speed of the collecting rollers, the beet is already cleaned intensively in the pick-up unit (**Fig. 1**).

The company Grimme presents a beet defoliation header instead of the topping unit. It consists of two rollers equipped with hard rubber flails. The front shaft features metal flails in the area between the rows (**Fig. 2**). The first shaft of the new FM300 model rotates against the direction of travel, whereas the second shaft with softer rubber flails rotates in the travel direction. The leaf mulcher is available as a tractor-mounted implement or as a unit for the harvester.

Potato harvesting machinery

For the potato harvest, a growing number of trailed two-row bunker-hopper harvesters with a divided moving floor has been offered in the past two years (**Fig. 3**). These harvesters allow the potatoes to be overloaded to a transport vehicle at the field's edge or during the actual harvesting process. Due to the time saved for the driving-off of the standing wagon and the actual overloading of the potatoes, direct overloading can

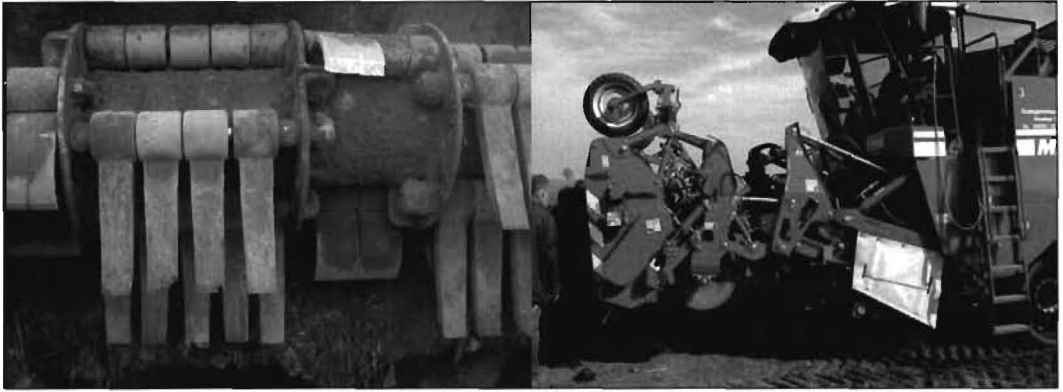


Bild 2: Entblattungseinheit Grimme Maxtron; links: Gummischlegel über der Reihe und Stahlschlegel zwischen den Reihen; rechts Entblattungseinheit am Roder KRB 6 SF Maxtron

Fig. 2: Defoliation unit with flails; left: rubber flails on top of row and steel flails between rows; right: defoliation unit of Grimme Maxtron six-row harvester

schwindigkeit und eine mittlere Sammelwalzendrehzahl werden die Rüben schon in der Aufnahme intensiv gereinigt (**Bild 1**).

Einen Vorsatz für die Entblattung von Zuckerrüben an Stelle des Köpfaggregates stellt die Firma Grimme vor. Er besteht aus zwei mit Hartgummischlägeln besetzten Wellen. An der vorderen Welle befinden sich im Zwischenreihenbereich Metallschlägel (**Bild 2**). Die erste Welle des neuen Gerätes FM300 dreht entgegen und die zweite Welle mit weichen Gummischlägeln in Fahrtrichtung. Den Blattmulcher gibt es sowohl als Traktoranbaugerät oder als Aggregat für den Vollernter.

Kartoffelerntetechnik

Für die Kartoffelernte werden in den letzten beiden Jahren vermehrt gezogene zweireihige Bunkerroder mit einem geteilten Rollboden angeboten (**Bild 3**). Diese Erntemaschinen bieten die Möglichkeit, sowohl am Feldende als auch während des eigentlichen Rodevorgangs auf ein Transportfahrzeug überzuladen. Das Direktüberladen kann über die Zeitersparnis für das Anfahren des Standwagens und das eigentliche Überladen der Kartoffeln zu einer höheren Rodeleistung führen. Über die Größe des Zwischenbunkers von 5,5 bis 6 t können zudem längere Rodezeiten ohne Transportfahrzeug leistungsneutral überbrückt werden. Bei der Umstellung auf einen weitgehend kontinuierlichen Abtransport der Kartoffeln ist aber auch eine Felddauglichkeit der betrieblichen Anhänger wichtig, da die vorherr-

schwindigkeit und eine mittlere Sammelwalzendrehzahl werden die Rüben schon in der Aufnahme intensiv gereinigt (**Bild 1**).
provide larger harvesting capacity. In addition, the size of the intermediate hopper of 5.5 to 6 t allows longer harvesting times to be bridged without a transport vehicle while capacity remains the same. For a change-over to largely continuous potato haulage, however, it is important that agricultural trailers are suitable for field rides because the predominant two-axle trailers with road tyres are not appropriate for intensive rides on fields due to the greater ground load.

Different manufacturers are collecting initial practical experiences with unmanned three-row harvesters. These harvesters are the final link of a process chain consisting of a three-row separator and a three-row planter. In addition, they can increase capacity in areas



Bild 3: Kartoffelsammelroder mit geteiltem Bunkerboden
Fig. 3: Potato harvester with an overloading bunker

schenden Zweiachsanhänger mit Straßenbereifung aufgrund der höheren Bodenbelastung für das intensive Befahren des Ackers ungeeignet sind.

Erste Praxiserfahrungen sammeln verschiedene Hersteller mit dreireihigen Rodeladern. Diese Erntemaschinen stellen zum einen das Endglied einer aus dreireihigem Separierer und dreireihiger Legemaschine bestehenden Verfahrenskette dar. Zum anderen ist bei einer GPS-gestützten Bestellung auch ein leistungssteigernder Einsatz in vierreihig gelegten Flächen möglich. Bei den Maschinen handelt es sich zumeist um zweireihige Modelle, die durch ein verändertes Fahrwerk sowie verbreiterte Sieb- und Trennaggregate an die größere Arbeitsbreite angepasst wurden. Für den spurübergreifenden Einsatz der dreireihigen Roder stehen aber noch umfassende Praxiserfahrungen, vor allem auf geneigten Flächen, aus.

cultivated with the aid of GPS where potatoes are planted in four rows. These machines are generally two-row models adapted to the larger working width by means of a modified chassis and widened sieve and separating units. For the tramline-independent use of three-row harvesters, however, comprehensive practical experiences in particular on sloped fields are not yet available.

10 Technik für Sonderkulturen Engineering for Intensive Crops

10.1 Gartenbautechnik im Freiland

Open Field Mechanization

L. Damerow, Bonn

Eine große Anzahl passiver oder aktiver Werkzeuge für die Inter-row-Unkrautkontrolle steht auf dem Markt zur Verfügung. Dies sind verschiedene Formen von Hacken, Eggen, Striegeln und Bürstenhacken sowie schneidende Werkzeuge wie Freischneider. Ein erfolgreiches mechanisches Inter-row-Unkrautbekämpfungssystem muss nach [9] folgende Bedingungen erfüllen:

- das Unkraut ausreißen oder zerschneiden (unterirdische und oberirdische Teile der Pflanzen trennen), verschütten und somit ein Vertrocknen der Unkrautpflanze herbeiführen
- die Kulturpflanze nicht zerstören (schützen)
- Steuerung der Wirkrichtung
- Steuerung der Arbeitstiefe im Boden
- Anpassung an die Bodenbedingungen

Die Grenzen von inter-row mechanisch arbeitenden Unkrautbekämpfungssystemen und ihre möglichen Arbeitsgeschwindigkeiten wurden von [4; 8] dargestellt. Die Qualität der Unkrautbekämpfung hängt sehr stark von

A large number of passive or active tools for inter-row weed control is available on the market. These are different forms of hoes, harrows, combs, brush hoes, and cutting tools such as brush cutters. According to reference [9], a successful mechanical inter-row weed control system must meet the following conditions:

- Rip out or cut the weed (separate the underground parts of the plant from the parts above the ground), bury it, and thus cause the weed to dry up
- No destruction (protection) of the crop
- Control of the direction of cut
- Control of the working depth in the soil
- Adaptation to the soil conditions.

The limits of mechanical inter-row weed control systems and their possible working speeds were described by [4; 8]. The quality of weed control very strongly depends on implement setting, the steering accuracy of the carrier vehicle, and the correct position of the crops in the row. The actual tools are currently still controlled

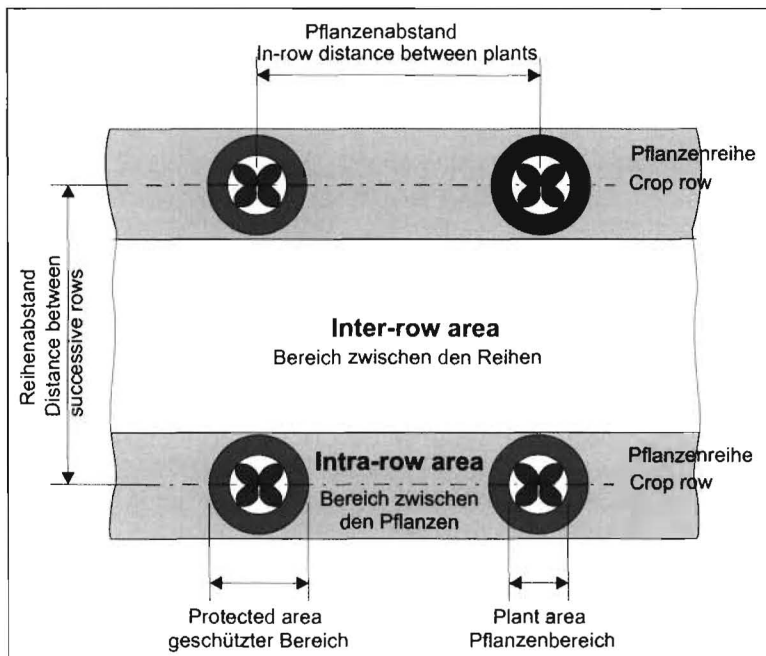


Bild 1: Geometrische Zuordnung von Nutzpflanzen und der zu bearbeitenden Bodenoberfläche [6]

Fig. 1: Geometric allocation of plants relative to the soil surface [6]

der Geräteeinstellung und Lenkgenauigkeit des Trägerfahrzeuges sowie der Reihentreue der Kulturpflanzen ab. Die Lenkung der eigentlichen Werkzeuge erfolgt bisher manuell durch eine zusätzliche Arbeitskraft. In den letzten Jahren werden zunehmend Bildverarbeitungssysteme zur Lenkung der Werkzeuge eingesetzt, die entweder den gesamten Rahmen oder einzelne Werkzeuge steuern. Damit konnten zwar größere Fahrgeschwindigkeiten (bis zu 15 km/h, Firma Eco-Dan) und eine verbesserte Arbeitsqualität erreicht werden, aber der Bereich zwischen den Kulturpflanzen (intra-row) wird nicht bearbeitet.

Die konventionelle Maschinenhacke zwischen den Reihen (inter-row) deckt rund 80 % der Fläche in Reihenkulturen ab. Unkräuter treten jedoch auch in der Reihe zwischen den Pflanzen (intra-row) und in unmittelbarer Nähe der Pflanzen auf (close-to-crop) und haben dort einen größeren Einfluss auf die Entwicklung der Nutzpflanzen (Bild 1). Die Online-Erkennung der Position einzelner Pflanzen und die Unterscheidung Nutzpflanze – Unkraut sind die Hauptprobleme einer mechanischen Unkrautbekämpfung in der Reihe.

Aufgrund dieser Einschränkung wurde nach Möglichkeiten gesucht auch den Intra-row-Bereich zu bearbeiten. Die Mechanisierung dieser Arbeit ist jedoch aufgrund der hohen Anforderungen an die Arbeitsgeschwindigkeit, den Schutz der Kulturpflanzen und der variablen Pflanzenabstände sehr komplex. Zwei verschiedene Ansätze zur Lösung des Problems wurden angestrebt: der Einsatz passiver und der Einsatz aktiver Werkzeuge.

Zu den passiv arbeitenden Werkzeugen, die auch kommerziell verfügbar sind, gehören Fingerräder/-bürsten und Federzinken, die direkt in der Pflanzenreihe arbeiten. Die Arbeitsqualität ist sehr unterschiedlich und häufig nicht befriedigend.

Aktiv im Intra-row-Bereich arbeitende Systeme werden in verschiedenen Ländern konzipiert und entwickelt. All diese Systeme sollen selektiv arbeiten. Dabei wird in Abhängigkeit von einem Erkennungssystem, das eine Unterscheidung von Nutzpflanze und Unkrautpflanze ermöglichen soll, das eigentliche Bearbeitungswerkzeug aktiviert [1; 2; 7]. Das von Åstrand vorgestellte System besteht aus einer Farbkamera, einer Bildanalysesoftware, die anhand von maximal 19 Merkmalen Nutz- und Unkrautpflanzen unterscheiden kann, und einem im rechten Winkel zur Pflanzenreihe schnell rotierenden etwa 30 mm breiten Hackwerkzeug, das auf ein entsprechendes Signal der Bildanalysesoftware mit Hilfe eines Hydraulikzylinders abgesenkt und angehoben wird. Das System der Fachhochschule Osnabrück, das

manuell von einem zusätzlichen Arbeiter durchgeführt wird, ist in den letzten Jahren durch mehr und mehr Bildverarbeitungssysteme ersetzt worden, die entweder das gesamte Bild oder einzelne Werkzeuge zur Lenkung der Tools steuern. Diese Systeme haben höhere Fahrgeschwindigkeiten ermöglicht (bis zu 15 km/h, Firma Eco-Dan) und die Arbeitsqualität verbessert, aber der Bereich zwischen den Pflanzen (intra-row) wird nicht bearbeitet.

Die konventionelle Hacke zwischen den Reihen (inter-row) deckt etwa 80 % der Fläche in Reihenkulturen ab. Unkräuter treten jedoch auch in der Reihe zwischen den Pflanzen (intra-row) und in unmittelbarer Nähe der Pflanzen auf (close-to-crop) und haben dort einen größeren Einfluss auf die Entwicklung der Nutzpflanzen (Fig. 1). Die Online-Erkennung der Position einzelner Pflanzen und die Unterscheidung zwischen Nutzpflanze und Unkraut sind die Hauptprobleme einer mechanischen Unkrautbekämpfung in der Reihe.

Due to this restriction, potential solutions were sought which would allow the intra-row area to be included in the treatment. However, the mechanization of this work is very complex given the high requirements with regard to working speed, crop protection, and variable plant distances. Two different approaches towards a solution of the problem were striven for, namely the use of passive and active tools.

Commercially available passive tools include finger wheels/brushes and finger tines working directly in the plant row. Work quality is very different and often not satisfactory.

Systems which actively work in the intra-row area are designed and developed in different countries. All these systems are intended to work selectively. This means that the actual weed control tool is activated by a detection system which is claimed to make a distinction between crops and weeds [1; 2; 7]. The system presented by Åstrand consists of a colour camera, image analysis software which is able to distinguish between crops and weeds based on a maximum of 19 characteristics, and an approximately 30 mm wide hoeing tool which rotates quickly at right angles to the plant row and can be lowered and raised with the aid of a hydraulic cylinder after a signal from the image analysis software. The system of the University of Applied Sciences in Osnabrück, which is also used by [7], is equipped with a rotating cylinder situated vertically above the plant row to which fingers arranged in a circle are attached. This arrangement of the system components limits weed control to the open height between the cylinder and the soil. The plants are detected by numerous different sensors. A system designed by the University of Wageningen [3] as well as the system of Cranfield University [5] work with rotating discs guid-

auch von [7] genutzt wird, verfügt über einen rotierenden Zylinder, der sich vertikal über der Pflanzenreihe befindet und an dem im Kreis angeordnete Finger montiert sind. Durch diese Anordnung der Systemkomponenten ist die Unkrautbekämpfung an die freie Höhe zwischen Zylinder und Boden gebunden. Die Erkennung der Pflanzen erfolgt über eine Vielzahl verschiedener Sensoren. Ein System der Universität Wageningen [3] arbeitet ebenso wie das System der University Cranfield [5] mit rotierenden Scheiben, die beidseitig der Pflanzenreihe parallel zur Erdoberfläche geführt werden. Dadurch werden im günstigsten Fall die Unkrautpflanzen zerschnitten, jedoch erfolgt keine Bodenbearbeitung, die beim Hackvorgang ebenfalls von großer Bedeutung ist.

Auf der Agritechnica 2009 wurde erstmals ein kommerzielles Hacksystem, das sowohl im Intra-row- als auch im Inter-row-Bereich arbeitet, vorgestellt (Vertrieb in Deutschland durch die Firma Kress). Der Inter-row-Bereich wird vom System konventionell bearbeitet. Der Intra-row-Bereich wird durch ein schnell aus dem Inter-row-Bereich in die Pflanzenzwischenräume bewegtes Schlegelwerkzeug bearbeitet, ähnlich einem Vereinzlungssystem für Zuckerrüben in den sechziger und siebziger Jahren. Die pneumatische Steuerung erfolgt jedoch durch eine Kamera und eine Bildanalysesoftware. Über die Arbeitsleistung und über die Arbeitsqualität sind bisher keine Angaben bekannt. Aufgrund der Kinematik der Werkzeugbewegung und der Werkzeugform sind Probleme bei kleineren Pflanzenabständen (unter 100 mm, Gemüsebau) und größeren Pflanzenabständen (über 250 mm, Gemüsebau) zu erwarten.

Das Institut für Landtechnik der Universität Bonn beschäftigt sich ebenfalls seit einigen Jahren mit der Entwicklung neuer Applikationstechniken im Präzisionspflanzenschutz. Dazu zählt neben einem neuartigen thermischen Applikationsverfahren (Verwendung eines Lasers) und der Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln auf Anforderung auch die Weiterentwicklung der mechanischen Unkrautbekämpfung. Am Institut für Landtechnik wurde ein neues Hacksystem für die Unkrautbekämpfung in der Reihe entwickelt, das aus einem Armträger und drei oder mehreren daran befestigten Armen besteht, die um die horizontale Achse oberhalb der Pflanzenreihe rotieren (**Bild 2**) [6]. Das daraus resultierende kinematische Modell wird durch die Fahrgeschwindigkeit, den Pflanzensollabstand und eine Single-Sensor basierte Online-Erkennung der Pflanzen in der Reihe gesteuert. Erste Versuche in der Bodenrinne des Instituts für Landtechnik mit einem elektrisch angetriebenen Experimentalmodell verliefen erfolgreich.

ed parallel to the soil surface on both sides of the plant row. In the most favourable case, these tools cut the weeds, but they do not till the soil, which is of great importance during the hoeing process.

At the Agritechnica 2009, the first commercial hoeing system which works in both the intra-row and the inter-row area was presented (sale in Germany by the company Kress). The system treats the inter-row area conventionally. The intra-row area is treated by a flail tool which is quickly moved from the inter-row area into the space between the plants like a singling system for sugar beet in the sixties and seventies. The tool is controlled pneumatically with the aid of a camera and image analysis software. Currently, no information about working capacity and work quality is available. Due to the kinematics of tool motion and tool shape, problems must be expected at smaller plant distances (below 100 mm, vegetable cultivation) and larger plant distances (beyond 250 mm, vegetable cultivation).

The Institute of Agricultural Engineering of the University of Bonn has also been working on the development of new application techniques in precision crop protection for several years. These techniques not only include a novel thermal application method (use of a laser) and the direct injection of plant protection products upon demand, but also the improvement of mechanical weed control. At the Institute of Agricultural Engineer-

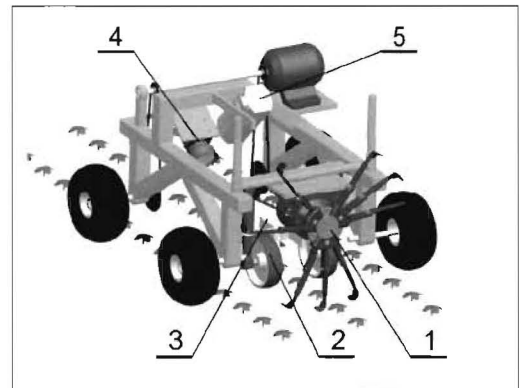


Bild 2: Modell der Rotationshacke mit quer zur Fahrtrichtung rotierenden Hackwerkzeugen (1 Hackwerkzeuge, 2 System zur Höhenführung, 3 Sensor zur Pflanzenerkennung, 4 Sensor zur Geschwindigkeitsmessung, 5 Kamera zur Reihenführung) [6]

Fig. 2: Model of a rotation hoe with tools perpendicular to the driving direction (1 hoeing tools, 2 system for the hoeing depth adjustment, 3 system for plant detection, 4 speed sensor, 5 camera system for row guidance) [6]

Die Versuche waren aufgrund der geringen Wegstrecke in der Bodenrinne auf eine Geschwindigkeit von 0,2 m/s begrenzt. In der Praxis wird jedoch eine Fahrgeschwindigkeit bis zu 5 km/h (1,4 m/s) angestrebt. Die Steuerung des Werkzeugträgers (Rotors) erfolgt mit Hilfe eines Programms, dessen Eingangsdaten der Soll-pflanzenabstand und der Ist-Pflanzenabstand, ermittelt durch einen speziellen Laser-Reflexionstaster, sind.

Die theoretischen Arbeiten und die Erprobung im Labor wurden im Rahmen des DFG-Graduiertenkollegs „Use of Information Technologies for Precision Crop Protection“ durchgeführt und im Dezember 2007 beendet. Die Ergebnisse dieser Arbeiten [6] zeigten, dass die Überführung des Konzepts in ein praxisrelevantes System möglich ist.

ing, a new hoeing system for weed control in the row was developed which consists of an arm carrier and three or more arms attached to it which rotate around the horizontal axis above the plant row (Fig. 2) [6]. The resulting kinematic model is controlled by the driving speed, the set distance from the plant, and the online detection of plants in the row based on a single sensor. Initial tests in the soil bin of the Institute of Agricultural Engineering with an electrically driven experimental model were successful. The tests were limited to a speed of 0.2 m/s due to the small distance covered in the soil bin. In practice, however, a driving speed of up to 5 km/h (1.4 m/s) is striven for. The tool carrier (rotor) is controlled with the aid of a program whose initial data are set plant distance and actual plant distance determined by a special laser reflection sensor.

The theoretical studies and the laboratory tests were carried out by the DFG research training group “Use of Information Technologies for Precision Crop Protection” and completed in December 2007. The results of these studies [6] showed that it is possible to apply this concept in a practice-relevant system.

Literatur / Bibliography

- [1] Åstrand, B.: An agricultural mobile robot with vision-based perception for mechanical weed-control. *Autonomous robots* 13 (2002), S. 21-35
- [2] Åstrand, B.: Vision based perception for mechatronic weed control. Chalmers University of Technology: Department of Computer Sciences and Engineering (2005), S. 107
- [3] Bakker, T., et al.: Autonomous navigation with a weeding robot. In: Rothmund, M.: *Automation Technology for Off-road equipment*. 2006, S. 51-57
- [4] Bond, W., R. J. Turner und A. C. Grundy: A review of non-chemical weed management. Report prepared as part of Defra project OFo315. 2003, S. 81
- [5] Dedousis, A. P., et al.: A novel approach to precision mechanical weed control with a rotating disc for inter and intra-row weed hoeing. In: *Proceedings of the 17th Triennial Conference of the International Soil Tillage Research Organisation*, 2006
- [6] Gabor, Z.: Development of a novel mechatronic system for mechanical weed control of the intra-row area in row crops based on detection of single plants and adequate controlling of the hoeing tool in real-time. *Forschungsbericht Agrartechnik* Nr. 464, 2007, S. 151
- [7] Griepentrog, H. W.: *Weed Control by Autonomous Vehicle Systems*. In: *Workshop Proceedings Precision Farming - Sensing and Robotics*. Hohenheim University, 2005, S. 6-9
- [8] Merfield, C.: *Organic Weed Management: A Practical Guide*. Available at www.merfield.com/research/organic-weed-management-a-practical-guide.pdf. S. 29; aufgerufen am 25. 6. 2007
- [9] Parish, S.: A review of non-chemical weed control techniques. *Biological Agriculture and Horticulture* 7 (1990), S. 117-137

10.2 Gewächshaustechnik und Biorobotics

Engineering for Greenhouses and Biorobotics

T. Rath, Hannover

Die Herstellung pflanzlicher Produkte in Gewächshäusern ist nach wie vor das intensivste und aufwändigste pflanzlich orientierte Produktionsverfahren im Agrarbereich. Die umfangreiche Entwicklungsarbeit zielt darauf ab, Produktionskosten und -aufwand gering zu halten. Dabei spielt sowohl die ökologisch-energetische Sichtweise als auch die rein ökonomische Betrachtung eine wichtige Rolle. Zusätzlich kommen mehr und mehr arbeitswirtschaftliche Aspekte zum Tragen.

Grundtendenzen der Gewächshaussystementwicklung

Durch veränderte Betriebsweisen von Gewächshäusern werden die notwendigen Innentemperaturen so niedrig wie möglich gehalten. Gleichzeitig muss eine optimale Pflanzenqualität und -masse erzeugt werden, was den Optimierungsanforderungen hinsichtlich des Energieverbrauches entgegensteht. Besondere Bedeutung hat dabei in Gewächshäusern die Regelung der Luftfeuchte, da sie wesentlichen Einfluss auf die phytosanitäre Pflanzenqualität ausübt. Daher werden spezielle Regelalgorithmen entwickelt, die zum Teil auf direkte Pflanzensignale zurückgreifen und das komplexe Zusammenspiel zwischen Temperatur, CO_2 -Gehalt, Lüftung, Luftfeuchte und Einstrahlung optimieren [1]. Die Bewertung dieser neuen und angepassten Klimaregelmaßnahmen ist schwierig, da Vergleichsdaten unstandardisiert und häufig saisonal abhängig vorliegen. Spezielle Softwaretools zur Lösung dieses Problems sind in Bearbeitung oder stehen bereits zur Verfügung [2 bis 4].

Der Einsatz von geschlossenen Gewächshaussystemen, bei denen die Überschusswärme im Sommer nicht über die Lüftung abgeführt, sondern in Speichermedien gezielt abgespeichert wird, soll die Energieproblematik von Gewächshäusern weiter reduzieren. Im Winter wird die gespeicherte Wärme dann für die Gewächshausbeheizung eingesetzt. Dieses als „gesloten Kas“ (geschlossenes Gewächshaus) propagierte System ist in Prototypen vorhanden. Als Langzeit-Wärmespeicher fungiert in der Regel ein stehender Grundwasserleiter. Neuere Berechnungen zeigen jedoch die ökonomischen Probleme dieser geschlossenen Systeme auf. Aufgrund

Plant production in greenhouses remains the most intensive and demanding plant production technique in agriculture. Extensive development efforts are being made in order to keep production costs and requirements low. Here, both ecological-energetic aspects and the purely economic viewpoint play an important role. In addition, more and more aspects of labour management are gaining in importance.

Basic tendencies in greenhouse system development

Changed operating modes of greenhouses allow the required indoor temperatures to be kept as low as possible. At the same time, optimal plant quality and mass must be guaranteed. This goal conflicts with the optimization requirements with regard to energy consumption. Humidity control is particularly important in greenhouses because it exerts a significant influence on phytosanitary plant quality. For this reason, special control algorithms are being developed. Some of them use direct plant signals and optimize the complex interaction of temperature, CO_2 content, ventilation, humidity, and irradiation [1]. The evaluation of these new, adapted climate control measures is difficult because comparative data are unstandardized and often depend on the season. Special software tools for the solution of this problem are being developed or are already available [2 to 4].

The use of closed greenhouse systems which store heat in specific storage media in the summer instead of dissipating it from the greenhouse via the ventilation system is intended to provide an additional reduction of the energy problems in greenhouses. In the winter, the stored heat is used for greenhouse heating. This system termed “gesloten Kas” (closed greenhouse) exists in prototypes. In general, a standing groundwater conductor acts as a long-term heat store. However, newer calculations show the economic problems of these closed systems. Due to high costs of maintenance and operation as well as the high primary energy consumption of pumps and heat exchangers, profitable use is limited to a few special cases. In addition, the ecological and economic advantages largely only depend on

von hohen Wartungs- und Betriebskosten, hohem Primärenergieeinsatz für Pumpen und Wärmetauscher beschränkt sich ein sinnvoller Einsatz auf wenige Sonderfälle. Zudem hängen die ökologischen und ökonomischen Vorteile im Wesentlichen nur von den angenommenen Randbedingungen ab [5]. Dennoch wird von Energieeinsparungen bis zu 30 % berichtet [6].

Durch verbesserte Gewächshausbedachungsmaterialien oder den Einsatz von mehrlagigen Energieschirmen wird versucht, den Wärmeverbrauch des Gewächshauses weiter zu reduzieren. Auch hier ist aufgrund der fehlenden Senken für die Luftfeuchte Kondensation besonderer Wert auf die Regulierung und Reduktion der Luftfeuchte zu legen. Eventuell können auch Entfeuchtungswärmepumpen zum Einsatz kommen. Ergebnisse aus laufenden Forschungsarbeiten (besonders innerhalb des ZINEG-Verbundprogrammes) sollten vor einer abschließenden Bewertung der Technologien abgewartet werden [7].

Ein direkter Weg, den Energieverbrauch hochintensiver Pflanzenproduktion im Gewächshaus zu senken, besteht eventuell darin, die Pflanzen widerstandsfähiger gegen Kühle (kurzfristige Temperaturabsenkungen) oder Kälte zu machen. Bisherige Arbeiten hierzu stehen aber noch am Anfang, da gerade der züchterische Einfluss auf das Temperaturbedürfnis von Zierpflanzen oder Gemüse komplex und in vielen Bereichen wenig erforscht ist. Im gestarteten Kompetenznetz WeGa (Wertschöpfung im Gartenbau) werden einige Arbeiten zu diesem Themenkomplex durchgeführt [8].

Eine weitere Möglichkeit, um Einfluss auf Energieverbrauch und Energieeffizienz von Gewächshausanlagen zu nehmen, ist der Ersatz oder die Ergänzung der natürlichen Globalstrahlung durch Kunstlichtsysteme. Jahrelang galten hier Natriumdampf-Hochdrucklampen (in Gewächshäusern) und Leuchtstoffröhren (in reinen Kunstlichtsystemen und Phytotronen) aufgrund der hohen Strahlungsausbeute als die besten Systeme. Durch Verbesserung der Beleuchtungs-Technologie kommt neuerdings auch der LED-Einsatz in Frage. Untersuchungen zeigen jedoch, dass bisherige LED-Entwicklungen noch keine Alternative zu den herkömmlichen gartenbaulichen Belichtungssystemen darstellen, da die Licht- und Strahlungsausbeuten in ähnlicher Größenordnung wie bei Natriumdampf-Hochdrucklampen liegen. Gleichzeitig ist die notwendige LED-Kühlung für den Einsatz in Gewächshäusern aber noch nicht optimal gelöst [9; 10]. Bisherige Kalkulationen im Bereich des Energieverbrauches für Gewächshausanlagen basieren im Wesentlichen auf dem so genannten U'-Wärmeverbrauchsmo-
dell. Durch die unter Punkt 1 bis 5 aufgeführten neuen

the assumed marginal conditions [5]. Nevertheless, energy savings of up to 30% are reported on [6].

Attempts are being made to reduce energy consumption in greenhouses even more by using improved greenhouse roofing materials or multiple-layer energy screens. Once again, it is necessary to attach particular importance to the control and reduction of humidity due to the lack of sinks for humidity condensate. It might also be possible to use dehumidifying heat pumps. One should wait for results of current research projects (especially those of the ZINEG collaborative programme) before a final evaluation of the technologies [7].

A direct way of reducing the energy consumption of highly intensive plant production in the greenhouse might be to make plants more resistant to cool temperatures (short-term temperature reductions) or cold. Present studies on this topic, however, are still at the beginning stage because especially the influence of breeding on the temperature requirements of ornamental plants or vegetables is complex and little research has been realized in many areas. Some studies on this complex of topics are being carried out in the initiated competence network WeGa (value-added in horticulture) [8].

Another potential method of influencing the energy consumption and energy efficiency of greenhouse systems is the replacement or the supplementing of natural global radiation with artificial light systems. Here, sodium-steam high-pressure lamps (in greenhouses) and fluorescent tubes (in pure artificial light systems and phytotrones) were considered the best systems for many years because of their high radiation output. Due to improved illumination technology, the use of LED has recently also become an option. However, studies show that current LED developments do not yet present an alternative to conventional horticultural illumination systems because their light and radiation outputs are in the same order of magnitude as those of sodium-steam high-pressure lamps. Moreover, no optimal solution to the problem of necessary LED cooling in greenhouses has yet been found [9; 10].

Current calculations of the energy consumption of greenhouse systems are primarily based on the so-called U' heat consumption model. Due to the new aspects listed under point 1 to 5, this model no longer meets the requirements of greenhouse production in its present form [11]. A changed calculation approach with different model parameters is establishing itself. Especially humidity and the different day-night situations are considered more important in the new calculation methods.

Aspekte genügt dieses Modell in seiner jetzigen Form nicht mehr den Anforderungen in der Gewächshausproduktion [11]. Es kristallisiert sich ein veränderter Berechnungsansatz mit veränderten Modellparametern heraus. Insbesondere wird der Luftfeuchte sowie den verschiedenen Tag-Nacht-Situationen eine höhere Bedeutung in den neuen Berechnungsverfahren beigemessen.

Biorobotics

Im Bereich Biorobotics der hochintensiven Pflanzenproduktion werden zunehmend Applikationen erstellt, die auf dem Einsatz von Photonik-Techniken basieren. Gerade in Gewächshäusern ist das einfallende Licht aufgrund des hohen Heizkostenaufwandes in der lichtschwachen Jahreszeit zentraler und dominanter Produktionsfaktor. Zugleich sind photonische Verfahren aber auch hervorragend geeignet, Manipulationen und Messungen im Bereich der Automatisierungstechnik zu realisieren. Es zeichnen sich folgende Tendenzen ab: Die Unterstützung der Gewächshausproduktion durch den Einsatz von virtuellen Welten ist möglich. Hierbei werden mit Hilfe komplexer Software Vorgänge im Gewächshaus auf der Basis von pflanzenbaulich orientierten Lichtnutzungsmodellen und/oder photonischen Sensoren räumlich differenziert erfasst, modelliert und simuliert (Wachstumsvorgänge, technische Applikationen). Dabei dienen die Simulationen als Werkzeug für Produktionsoptimierungen oder zur Steuerung von biorobotischen Anwendungen. Probleme bereiten zurzeit der hohe Aufwand für die Modellerstellung und die Modellübertragung auf neue Anbau- und Kultursysteme [12; 13].

Mit Hilfe des Einsatzes von Lasertechnologien können gartenbauliche Produkte behandelt werden. Hier sind in erster Linie Versuche zu nennen, Pflanzen oder Gartenbauprodukte fälschungssicher zu markieren [14] und so Rückverfolgbarkeit und Qualitätssicherung in der Produktkette sicherzustellen (**Bild 1**). Ferner werden Pflanzen direkt mit dem Laser manipuliert (Schnittmaßnahmen, Behandlungsmaßnahmen), wobei die Wirkung des Laserlichtes auf die Pflanze in vielen Fällen noch nicht abschließend geklärt ist. An der Erfassung und Bewertung der physiologischen Wirkung des Laserlichtes auf Pflanzenmaterial wird daher momentan gearbeitet. Erste Ergebnisse liegen vor [15].

Der Einsatz von 3D-Kamera-Technologien rückt mehr und mehr in den Fokus der biorobotischen Anwendungen. Nach wie vor stehen dabei in Gewächshauskulturen die selektive Ernte und eine räumlich spezifizierte Pflanzenbehandlung im Vordergrund des Interesses.

Biorobotics

In the area of biorobotics in highly intensive plant production, more and more applications based on photonic technologies are being developed. Especially in greenhouses, light radiation is a crucial and predominant production factor due to the high heating cost requirements in the dark season. At the same time, photonic techniques are also highly suitable for the realization of manipulations and measurements in automation technology. The following tendencies can be discerned:

It is possible to support greenhouse production by using virtual worlds. These systems register, model, and simulate processes in the greenhouse (growth processes, applications) in a spatially differentiated manner with the aid of complex software based on agronomically oriented light use models and/or photonic sensors. The simulations serve as a tool for the optimization of production or the control of biorobotic applications. The high expenses for modelling and the application of the models in new cultivation systems are currently causing problems [12; 13].

It is possible to treat horticultural products with the aid of laser technologies. This in particular includes efforts to mark plants or horticultural products in a fakeproof manner [14] and thus to guarantee traceability and quality assurance in the product chain (**Fig. 1**). In addi-

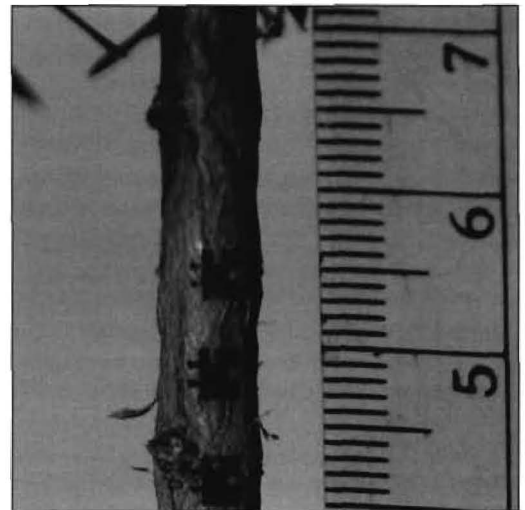


Bild 1: Fälschungssichere Lasermarkierung (Datamatrix-code) eines Gehölzstecklings (Marx 2010 [14])

Fig. 1: Fakeproof laser marking (data matrix code) of a nursery tree (Marx 2010 [14])

Eine Automatisierung scheint nur durch den Einsatz spezifischer 3-dimensionaler Kameratechniken möglich. Viele Anwendungen werden weltweit (besonders im ostasiatischen Raum) propagiert. Dabei sind jedoch nach wie vor Überlappungsproblematiken, Sicherheitsaspekte und/oder Kamerakalibrierungsfragen ganz oder teilweise ungelöst [13].

Keine der aufgeführten Photoniktechnologien wurde bisher in der gartenbaulichen Praxis eingesetzt. Sie befinden sich noch im Entwicklungs- oder Prototypenstadium. Es muss abgewartet werden, welchen dieser Methoden und Technologien in den nächsten Jahren der Einzug in die gärtnerische Praxis gelingt.

tion, plants are directly manipulated using the laser (cutting, treatment). However, the effect of laser light on the plant has not yet been definitively clarified in many cases. Therefore, the measurement and evaluation of the physiological effect of laser light on plant material is currently being studied. Initial results are available [15].

Biorobotic applications are focusing more and more on the use of 3D camera technology. Selective harvesting and spatially specified plant treatment remain the focus of interest in greenhouse cultivation. Automation only seems possible with the aid of specific 3-dimensional camera techniques. Many applications are being developed worldwide (in particular in East Asia). However, problems of overlapping, safety aspects, and/or camera calibration problems are still fully or partially unsolved [13].

None of the described photonic technologies has so far been used in horticultural practice. They are still at the development or prototype stage. One must wait and see which of these methods and technologies will be applied in horticultural practice in the years to come.

Literatur / Bibliography

- [1] *Rocksch, T., et al.*: Weiterentwicklung des Phytomonitorings im Rahmen des ZINEG-Projekts. 46. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung, Hohenheim. Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft, Hannover, 2010, BHGL-Schriftenreihe, S. 65
- [2] *Kreuzpaintner, A., und J. Meyer*: Dokumentation von Umweltauswirkungen beim Unterglasgartenbau. 46. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung, Hohenheim. Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft, Hannover, 2010, BHGL-Schriftenreihe, S. 31
- [3] *Beck, M., R. Zierer und G. Ohmayer*: Online-Heizkostenberechnung – Entwicklung einer Methode zur automatisierten Berechnung der Heizkosten aus vorhandenen Klima- und Gewächshausdaten. 46. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung, Hohenheim. Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft, Hannover, 2010, BHGL-Schriftenreihe, S. 32
- [4] *Wartenberg, S., und M. Dallmann*: Sicherheit bei Heizungssteuerungsprogrammen zur Energieeinsparung im Zierpflanzenbau. 46. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung, Hohenheim. Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft, Hannover, 2010, BHGL-Schriftenreihe, S. 128
- [5] *Menke, S., H. Hoffmann und K. Zutz*: Energetische Bewertung eines geschlossenen Gewächshauses mit Aquiferspeicher. 45. Gartenbauwissenschaftliche Tagung, Berlin. Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft, Hannover, 2009
- [6] <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/lang/384263>
- [7] <http://www.zineg.de/>
- [8] <http://www.bgt-hannover.de/wega/>
- [9] *Bornwaßer, T.*: LED-Belichtungssysteme in Kulturräumen – Optimierung der Energieeffizienz. 46. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung, Hohenheim. Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft, Hannover, 2010, BHGL-Schriftenreihe, S. 170
- [10] *Bornwaßer, T.*: Bewertung von Hochleistungs-LEDs für die Belichtung im Gartenbau. 46. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung, Hohenheim. Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft, Hannover, 2010, BHGL-Schriftenreihe, S. 171
- [11] *von Elsner, B.*: Energieeffizienz von Gebäuden – Berechnung des Energiebedarfs für die Gewächshausbeheizung entsprechend der DIN EN ISO 13790. 46. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung, Hohenheim. Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft, Hannover, 2010, BHGL-Schriftenreihe, S. 181
- [12] *Rath, T., und M. Kawollek*: Robotic harvesting of Gerbera Jamesonii based on detection and three-dimensional modeling of cut flower pedicels. Computers and Electronics in Agriculture 27 (2009), H. 66, S. 85-92; <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2008.12.006>
- [13] *Stein, A.*: Methoden zur 3D-Digitalisierung und Architekturmodellierung von Gewächshauspaprika. 46. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung, Hohenheim. Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft, Hannover, 2010, BHGL-Schriftenreihe, S. 145
- [14] *Marx, C., H. Hoja und T. Rath*: Direkte und codierte Markierung gartenbaulicher Produkte mittels Laser zur Verbesserung der Rückverfolgbarkeit. 46. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung, Hohenheim. Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft, Hannover, 2010, BHGL-Schriftenreihe, S. 36
- [15] *Wöltjen, C., et al.*: Plant growth depression by selective irradiation of the meristem with CO₂ and diode lasers. Biosystems Engineering (2008), <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.08.06>

11 Landwirtschaftliches Bauwesen

Farm Building

11.1 Bauplanung und Baurecht

Construction Planning and Construction Law

T. Pitschmann, Leezen

Bauvorhaben in landwirtschaftlichen Unternehmen stellen grundsätzlich eine Herausforderung dar, die in unmittelbarem Zusammenhang mit einer erfolgreichen Entwicklung des Betriebes steht.

Durch eine möglichst gründliche Recherche der vorhandenen und mit der Umsetzung der Investition entstehenden Rahmenbedingungen kann ein wichtiger Beitrag für ein reibungsloses Genehmigungsverfahren und eine zeitnahe Realisierung des Projektes geleistet werden.

Ein erfolgreiches Projekt ist von zahlreichen Einflussfaktoren abhängig, die einerseits in einer die Unternehmensentwicklung betreffenden klaren betrieblichen Strategie, konkreten Vorstellungen zum Konzept, einer gesicherten Finanzierung sowie zum anderen in der Auswahl eines geeigneten Standortes bestehen, welcher die Genehmigungsvoraussetzungen bei Einhaltung sämtlicher bestehender gesetzlicher Rahmenbedingungen uneingeschränkt erfüllt.

Nachfolgend sollen wichtige Schritte bei der Vorbereitung eines Investitionsvorhabens sowie wichtige Kriterien bei entsprechenden Genehmigungsverfahren erläutert werden.

Vorbereitung einer Investitionsmaßnahme

Die betrieblichen Aspekte

Dem Bauherrn muss klar sein, was er für welchen Markt produzieren möchte, wie sich die Maßnahme in eine vorhandene Betriebsstruktur integrieren soll oder wie die Struktur eines neu gegründeten Unternehmens aussehen wird. Außerdem muss sicher sein, welche betriebswirtschaftlichen Anforderungen sich im Zusammenhang mit der geplanten Investition ergeben werden.

Bei geplanten Investitionen in die Tierhaltung spielen die vorgesehene Tiergenetik und das angestrebte Leistungsniveau eine wichtige Rolle für anstehende Planungen. Weiterhin ist die Flächenausstattung des Unternehmens hinsichtlich der Futtermittelversorgung und der Reststoffverwertung zu prüfen.

Das Baukonzept

Die Planung des Bauvorhabens ist unmittelbar mit dem

Construction projects on farms are always a challenge which is directly connected to a successful development of the farm.

If the current situation as well as the conditions created as a result of the investment are researched as thoroughly as possible, this can make an important contribution towards a problem-free approval procedure and timely project realization.

A successful project depends on numerous influencing factors, which not only include a clear operational strategy with regard to the development of the operation, concrete ideas about the concept, and secure financing, but also the choice of a suitable location which fulfills the prerequisites for approval without restrictions while meeting all legal conditions.

Below, important steps in the preparation of an investment project as well as important criteria for approval procedures will be described.

Preparation of an investment

The operational aspects

The building owner must know what he wants to produce for which market, how the project is intended to integrate into an existing operational structure, or what the structure of a newly founded enterprise will look like. In addition, it must be clear which economic requirements will result from the planned investment.

If investments in animal housing facilities are planned, the genetics of the animals to be housed as well as the desired performance level play an important role in future planning. Moreover, the available farm area must be examined with regard to feed supply and the utilization of residues.

The construction concept

The planning of the construction project is directly interrelated with the operational and marketing concept. The use of state-of-the-art equipment as well as the observation of the fundamental requirements of animal and environmental protection should be the basis of any planning.



Bild 1: Geplanter Standort für die Errichtung einer Schweinemastanlage
Fig. 1: Planned site for the construction of a pig fattening facility

Betriebs- und Vermarktungskonzept verbunden. Leitsatz jeglicher Planung sollte die Einhaltung des Standes der Technik und der grundsätzlichen Anforderungen des Tier- und Umweltschutzes sein.

Mit der Maßnahme sind optimale Rahmenbedingungen zu schaffen, die die Bedingung für das Erzielen eines wirtschaftlichen Erfolges sind.

Der richtige Standort

Wenn klare Vorstellungen über die Art und den Umfang der geplanten Maßnahme und die Anforderungen an Bau und Betrieb bestehen, muss entschieden werden, welcher Standort über die erforderliche Eignung für das geplante Vorhaben verfügt. Dabei sind in jedem Falle die raumordnerischen Vorgaben für die Region zu berücksichtigen. Dazu gehört die Prüfung der Karten mit raumordnerischen Festlegungen mit dem Ziel, Interessenkonflikte, etwa in Tourismusregionen, zu vorhandenen oder geplanten Siedlungsstrukturen oder Rohstoffabbaugebieten weitgehend auszuschließen. Ferner ist die bauplanungsrechtliche Situation in der Gemeinde (Vorhandensein eines gültigen Flächennutzungs- oder Bebauungsplanes, Einstufung in allgemeines Wohngebiet oder Dorfgebiet, Innenbereich nach § 34 BauGB oder Außenbereichslage nach § 35 BauGB) gründlich zu prüfen. Weiterhin ist zu untersuchen, ob die zur Bebauung vorgesehene Fläche verfügbar ist und ob sie sich für die Art der geplanten Bebauung eignet.

The project must provide optimal conditions, which are the prerequisite for economic success.

The right location

When a clear concept regarding the kind and the extent of the planned project as well as the constructional and operational requirements exists, a decision must be made as to which location is suitable for the planned project. In any case, the rural planning regulations for the region must be considered. This includes the examination of maps showing rural planning regulations with the goal of excluding conflicts of interests in tourist regions, for example, or conflicts with existing or planned settlement structures or mining areas to the greatest possible extent. In addition, the legal situation regarding construction planning in the municipality must be examined thoroughly (existence of a valid master plan, classification as a general residential area, village area, inner area according to section 34 of the Construction Code, or outer area according to section 35 of the Construction Code). Moreover, it is necessary to determine whether the planned construction area is available and whether it is suitable for the planned kind of construction.

A decisive criterion for a suitable location is land development. One must in particular make sure that the area can be reached via a sufficiently stable road and that electricity and water supply as well as waste water disposal are guaranteed.

Ein entscheidendes Kriterium für einen geeigneten Standort stellt die Erschließung dar. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, dass das Gelände über eine ausreichend tragfähige Straße zu erreichen ist und dass die Versorgung mit Strom und Wasser sowie die Abwasserentsorgung gesichert sind.

Bauvorhaben wie beispielsweise Tierhaltungsanlagen, die im Betrieb Emissionen in Form von Geruch, Ammoniak, Staub oder Geräuschen freisetzen, müssen die in der TA Luft und den geltenden VDI-Richtlinien festgelegten Mindestabstände zur nächstgelegenen Wohnbebauung, zu empfindlichen Ökosystemen und zu Waldflächen einhalten. Bei räumlicher Nähe zu vorhandenen Tierhaltungsanlagen können seuchenrechtliche Aspekte für die Standortwahl von Bedeutung sein.

Die für eine Genehmigung zuständigen Behörden sollten frühzeitig in die Planungsabsichten eingebunden werden, um wichtige Hinweise zur Wahl des Standortes und für das Genehmigungsverfahren zu erhalten. Im Anschluss an diese Vorrecherchen sollte bei positiven Aussichten für die Genehmigungsfähigkeit eines Standortes in jedem Fall der Kontakt zur jeweiligen Kommune gesucht und von vornherein transparent agiert werden.

Die Finanzierung

Die Kosten eines Vorhabens sind frühzeitig möglichst detailliert zu ermitteln. Sie bestehen aus den reinen Baukosten, dem eventuell erforderlichen Ankauf der Baufläche, Nebenkosten wie etwa Notar, Grunderwerbsteuer, Finanzierungsnebenkosten sowie Kosten für Beratung, Planung, Gutachten und Genehmigung. Dazu kommen weitere Kosten für die Anpassung/Erweiterung der Produktion (Tierzukauf).

Nur wenn die Gesamtkosten genau erfasst sind, kann eine solide Ermittlung des Fremdkapitalbedarfes erfolgen und das Betriebskonzept der Bank vorgelegt werden. Zur Finanzierungserleichterung können Fördermittel wie beispielsweise Zuschüsse aus dem Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP) oder zinsgünstige Darlehen der Landwirtschaftlichen Rentenbank genutzt werden.

Das erforderliche Genehmigungsverfahren

Genehmigungsfreies Bauen

Bei genehmigungsfreien Bauvorhaben handelt es sich beispielsweise um Fahrsiloplanlagen oder einfache Unterstände. Diese dürfen eine bestimmte Größe nicht überschreiten. Die Bauordnungen der Länder regeln die Rahmenbedingungen für genehmigungsfreie Bauten. Der Bauherr ist aber auch hier nicht von baurechtlichen Anforderungen wie der Beachtung von Grenzabständen

Construction projects such as animal housing facilities, whose operation causes emissions in the form of odour, ammonia, dust, or noise, must keep the minimum distance from the nearest residential areas, sensitive ecosystems, and forest areas required by the Clean Air Directive and the VDI Guidelines. If planned animal houses are close to existing animal housing facilities, legal aspects of epidemics prevention can be important for the choice of the location.

The authorities responsible for approval should be involved in the intended planning process early on, which provides important information for the choice of the location and the approval procedure. After this preliminary research and if the prospects of approval for a certain location are positive, contact with the competent municipality should always be sought, and the course of action should be transparent from the beginning.

Financing

The costs of a project must be determined early on and in as much detail as possible. They include the pure construction costs, the possibly required purchase of the construction area, ancillary costs, such as notary expenses, the land purchase tax, ancillary costs of financing, as well as expenses for counselling, planning, experts' reports, and approval. The adaptation/extension of production (purchase of animals) may cause additional costs.

Only if the total expenses are precisely determined can the outside capital requirements be calculated on a solid basis and the operational concept be presented to the bank. In order to facilitate financing, subsidies from the Agricultural Investment Subsidy Programme or reduced-interest loans of Landwirtschaftliche Rentenbank can be applied for.

The required approval procedure

Approval-free construction

Horizontal silos or simple shelters, for example, do not require approval. However, they may not exceed a certain size. The building regulations of the federal states provide the conditions for approval-free buildings. Even if approval is not necessary, however, the owner is not exempt from construction-legal requirements, such as the observation of distances from borders or compliance with nature or landscape protection requirements.

Approval according to construction law

The size of a construction project or the number of ani-

oder der Einhaltung von Vorgaben aus Natur- und Landschaftsschutz befreit.

Genehmigungen nach Baurecht

Die Größe eines Bauvorhabens oder die Anzahl der Tierplätze entscheidet darüber, ob ein Verfahren nach Baurecht oder nach Immissionsrecht durchzuführen ist. Um baurechtliche Verfahren handelt es sich beispielsweise bei der Errichtung von weniger als 1.500 Mastschweinplätzen, 560 Zuchtsauenplätzen (mit Ferkelplätzen unter 30 kg), 600 Rinderplätzen oder Güllelagerbehältern unter 6.000 m³. Genehmigungsbehörde ist in diesen Fällen die Bauaufsichtsbehörde der Landkreise.

Der Bauantrag ist durch einen bauvorlageberechtigten Entwurfsverfasser in der vorgegebenen Anzahl bei der Behörde einzureichen. Der Inhalt des Bauantrages richtet sich nach der Bauvorlagenverordnung des jeweiligen Bundeslandes und enthält neben den Formularvordrucken im Wesentlichen Übersichts- und Lagepläne zum Standort, Bauzeichnungen (Grundriss, Lageplan, Schnitt) und bautechnische Nachweise wie Statik und Entwässerung. Die Behörde entscheidet über das Erfordernis weiterer Unterlagen. Nach Vorliegen vollständiger Antragsunterlagen werden auch die Standortgemeinde sowie Behörden, deren Aufgabenbereich im Zusammenhang mit der Antragstellung steht, am Verfahren beteiligt. Eine Entscheidung über die Zulässigkeit des Verfahrens ist innerhalb von zwei Monaten zu treffen.

Genehmigungen nach Immissionsschutzrecht

Bedingt die Größe einer Anlage ein immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren, sind die Immissionsschutzbehörden der Länder oder der Landkreise die Genehmigungsbehörden. Sie entscheiden, welche Träger öffentlicher Belange (Bau-, Naturschutz- und Wasserschutzbehörde, Gemeinde, Naturschutzverbände) am Verfahren beteiligt werden.

Die Anzahl der geplanten Tierplätze gemäß in der 4. BImSchV festgelegter Schwellenwerte entscheidet wiederum darüber, ob ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren ohne Öffentlichkeitsbeteiligung oder ein förmliches Verfahren mit öffentlicher Beteiligung zu durchlaufen ist. Dieses Kriterium hat unmittelbaren Einfluss auf den formalen Ablauf des Genehmigungsverfahrens.

Darüber hinaus ist für bestimmte Verfahren die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) nach dem Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG) erforderlich. Im Rahmen einer UVP werden die Auswirkungen der geplanten Maßnahme auf die Schutzgüter Mensch und Umwelt erfasst und bewertet. Die UVP stellt neben dem Formularsatz, den Bauvorlagen, der umfangreichen

mal places determines whether a project must be carried out according to the construction code or according to immission law. Examples of projects for which a construction-legal procedure is required are the construction of fewer than 1,500 fattening pig places, 560 breeding sow places (with places for piglets below 30 kg), 600 cattle places, or slurry storage containers with a capacity of less than 6,000 m³. In these cases, the approval authority is the construction supervision authority of the districts.

The required number of copies of the application for approval must be submitted to the authority by an authorized construction planner. The content of the application for a construction permit depends on the construction planning decree of the individual federal state. In addition to the forms to be completed, it includes general plans and site plans, construction drawings (layout, location plan, sectional drawing), as well as construction-technical documentation of structural calculations and drainage, for example. The authority decides whether more documents are necessary. After the complete application including all documents has been submitted, the municipality responsible for the location as well as those authorities whose scope of responsibility is touched by the application are involved in the procedure. A decision about the permissibility of the procedure must be made within two months.

Approval according to immission protection law

If the size of a facility requires an approval procedure according to the Immission Protection Act, the immission protection authorities of the federal states or the districts grant approval. They decide which public entities (construction supervision authority, nature and water protection authorities, municipality, nature protection associations) will be involved in the procedure.

The number of planned animal places according to the threshold values provided by the 4th Federal Immission Protection Decree determines whether a simplified approval procedure without public participation or a formal procedure with participation of the public is required. The criterion has an immediate influence on the formal course of the approval procedure.

In addition, an environmental impact examination according to the Environmental Impact Examination Act is necessary for certain procedures. During an environmental impact examination, the impact of the planned project on man and the environment as objects of protection is registered and evaluated. The environmental impact examination is an important part of the documentation required for application in addition to the set



Bild 2: Neubau eines Liegeboxenstalles

Fig. 2: Construction of a freestall barn with cubicles

Beschreibung aller Betriebseinheiten, den geforderten Gutachten (Geruch, Ammoniak, Staub, Lärm) und der Bilanzierung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, einen wichtigen Bestandteil der Antragsunterlagen dar.

Nach Feststellen der Vollständigkeit der Antragsunterlagen ist in einem Zeitraum von drei Monaten (nach § 19 BImSchG) über die Zulässigkeit des Vorhabens nach dem vereinfachten Verfahren und innerhalb von sieben Monaten (nach § 10 BImSchG) im Rahmen des förmlichen Verfahrens mit öffentlicher Beteiligung zu entscheiden. Eine Fristverlängerung um jeweils drei Monate ist bei durch die Genehmigungsbehörde zu begründenden Schwierigkeiten möglich.

of forms, the detailed description of all operational units, the necessary experts' reports (odour, ammonia, dust, noise), and the balancing of compensation and replacement measures.

After the completeness of the documentation required for application has been officially determined, a decision about the permissibility of the project must be made within three months if the simplified procedure is applied (according to section 19 of the Federal Immission Protection Act), whereas a decision after a formal procedure with public participation must be made within seven months (according to section 10 of the Federal Immission Protection Act). This deadline can be extended by three months in the case of difficulties for which the approval authority must state a reason.

11.2 Landwirtschaftliches Bauen

Rural Construction

J.-G. Krentler, Braunschweig, M. Zähler und L. Van Caenegem, Ettenhausen/CH

Allgemeines

Die landwirtschaftliche Rentenbank in Frankfurt berichtet, dass die Nachfrage nach zinsgünstigen Programmkrediten im Berichtsjahr 2009 deutlich gestiegen ist, wobei Wachstumsimpulse außer durch den Bau von Wirtschaftsgebäuden auch durch erneuerbare Energien und Maschinen entstanden [1]. Nach Angaben des Landvolks Niedersachsen wollen besonders Milchviehhalter ihre Betriebe zukunftsfest machen, was zuzeiten extrem niedriger Auszahlungspreise schwierig und risikoreich ist. Das vom Land Niedersachsen im Rahmen des Agrarinvestitionsförderungsprogramms (AFP) bereitgestellte Mittelkontingent in Höhe von 34 Mio. Euro wird demnach bei weitem nicht ausreichen, alle Anträge investitionswilliger Milchviehhalter bedienen zu können [2].

Die Messe Agritechnica gilt als wichtiger und zuverlässiger Gradmesser für die Einschätzung der Investitionstätigkeit in naher Zukunft. Eine Umfrage unter Ausstellern der Agritechnica 2009 ergab eine sehr viel optimistischere Stimmung, als man angesichts der Wirtschaftskrise erwartet hatte [3].

Bauen für Rindvieh

Wegen des bevorstehenden Endes der Milchquotenregelung im Jahre 2015 erweitern im Augenblick viele Milcherzeuger in Deutschland ihre Produktion, wobei das wesentliche Größenwachstum in Nord- und Ostdeutschland stattfindet [4]. Die Bauberatung des Landwirtschaftszentrums Haus Düsse berichtet über eine derzeit hohe Nachfrage in Bezug auf Umbaulösungen sowie neuer Stallbaukonzepte. Als Grundsatz wird herausgestellt, dass klare Achsen für das Füttern, Treiben und Melken entstehen müssen und eine überschaubare Aufteilung und Strukturierung der Tiergruppen erreicht werden soll. Weiterhin wurden die Planungskriterien Wasserversorgung, Futtertisch- und Fressplatzgestaltung, Liegeplatzgestaltung, Laufflächen sowie Licht und Beleuchtung besprochen [5]. Das Institut für Landtechnik der Universität Gießen führte eine Analyse der baulichen, technischen und organisatorischen Auswirkungen beim Einsatz von Qualitätsmanagementsystemen für Milchviehstallsysteme durch und kam zu dem Schluss, dass die hierfür erforderlichen Dokumentati-

General

Landwirtschaftliche Rentenbank in Frankfurt reports that the demand for low-interest programme loans grew considerably in the year under review 2009. Growth impulses not only came from the construction of farm buildings, but also from renewable energies and machines [1]. According to the farmers' association of Lower Saxony, especially dairy cattle keepers want to prepare their operations for the future, which is difficult and risky during periods of extremely low payout prices. Therefore, the funds allocated by the state of Lower Saxony as part of the Agricultural Investment Programme in the amount of € 34 million will by far not be sufficient in order to accept all applications submitted by dairy cattle keepers who are willing to invest. The Agritechnica trade fair is considered an important, reliable indicator for the estimation of investment activities in the near future. A survey among exhibitors at the Agritechnica 2009 showed a far more optimistic atmosphere than one would have expected given the economic crisis [3].

Construction for cattle

Due to the approaching end of the milk quota regulation in the year 2015, many milk producers in Germany are increasing their production with the main growth in size taking place in Northern and Eastern Germany [4]. The construction counselling service of the agricultural centre Haus Düsse reports on currently great demand for conversion solutions and new barn construction concepts. It is emphasized as a principle that clear axes for feeding, driving, and milking must be created and that the animal groups should be clearly divided and structured. In addition, the planning criteria water supply, feed table and feeding place design, lying place design, walking areas, as well as light and illumination were discussed [5]. The Institute of Agricultural Engineering of the University of Gießen carried out an analysis of the constructional, technical, and organizational effects of quality management systems for dairy cattle housing systems and reached the conclusion that the documentation systems required for the use of these systems currently only partially exist in practice [6].

onssysteme bisher in der Praxis nur teilweise vorhanden sind [6].

In der Schweiz wurde ein nationaler Stallbauwettbewerb für Milchviehställe durchgeführt, der interessante und günstige Baulösungen zeigte. Auch hier werden nunmehr Folienställe gebaut, deren besonderes Einsparpotenzial darin liegt, dass kein umlaufendes Streifenfundament erforderlich ist. Stattdessen werden die Stützen auf Betonplatten befestigt [7].

Investitionen in bauliche Anlagen belasten die Produktionskosten in erheblichem Maße. Ein Ziel muss es sein, bei anstehenden Baumaßnahmen auf kostengünstige Lösungen zurückzugreifen und diese weiter zu entwickeln. Bei Vergleich des Investitionsbedarfs von zwei-, drei- und vierreihiger Aufstallung in ein- und mehrhäusiger Bauweise schneidet die dreireihige Anordnung am günstigsten ab. Gegenüber der teuersten vierreihigen Aufstallung können in Abhängigkeit zur Bauweise bis zu etwa 800 Euro/Platz (20 %) eingespart werden [8]. Weiter zeigt die separate Anordnung des Melkhauses in Verbindung mit einer mehrhäusigen Anordnung das größte Potenzial bei Kosteneinsparungen.

Wegen der anhaltend niedrigen Milchauszahlungspreise, gestiegener Kraftfutterkosten und den arbeitstechnischen Anforderungen höherer Tierzahlen wurde es erforderlich, die Fütterungstechnik in der Milchviehhaltung zu überdenken. Der Trend, gezogene Futtermischwagen mit Fremd- oder Selbstbefüllung oder Selbstfahrer einzusetzen [9], macht den Bau entsprechender Futterdurchfahrten nötig. Diese müssen große Radlasten tragen, breit genug als Transportweg plus beidseitiger Futterablage und widerstandsfähig gegen Silagesaft sein.

Ein weiteres wichtiges Detail sind die Bodenbeläge in der Milchviehhaltung, wofür verschiedene Bauarten und Materialien zur Verfügung stehen. Bei der Ausführung von Laufflächen, meist aus Beton, wird zwischen der planbefestigten und der unterkellerten Bauweise unterschieden [10]. Die Ausführung von Spaltenböden regelt DIN 18908.

Um bei weichen Materialien von Bodenbelägen einen genügend großen Klauenabrieb zu gewährleisten, wurde ein abrasiver Gummibelag entwickelt und untersucht. Die Ergebnisse der Feldstudie zeigen, dass mit einer Kombination von weichen und weichabrasiven Materialien eine Balance zwischen Hornbildung und Hornabrieb und damit eine verbesserte Klauenform erreicht werden kann [11].

Kühe vertragen die niedrigen Temperaturen im Winter besser als Warmwetterperioden im Sommer, die sogar zu Hitzestress führen können. Am Institut für Agrartechnik in Bornim (ATB) wurde der Einfluss wärmegeämm-

A national construction competition for dairy cattle houses in Switzerland showed interesting, favourable construction solutions. Film houses, which are now also built there, provide particular savings potential because no continuous strip foundation is necessary. Instead, the pillars are attached to concrete plates [7].

Construction investments are a significant burden on the production expenses. The goal must be to apply cost-effective solutions when planning construction measures and to develop them further. When the investment requirements of two, three, and four-row arrangements in one and multiple-house constructions are compared, the three-row arrangement is the most favourable solution. As compared with the most expensive four-row arrangement, up to approximately € 800 per place (20%) can be saved depending on the construction [8]. In addition, the separate arrangement of the milking house in combination with multiple-house construction shows the greatest cost reduction potential.

Due to the continuously low milk payout prices, higher feed concentrate costs, and the labour-technological requirements of larger animal figures, it became necessary to revise feeding technology in dairy cattle housing. The trend towards the use of drawn or self-propelled feeder-mixer wagons which fill themselves or are filled by other units [9] requires the construction of appropriate feed passages. These passages must bear large wheel loads. In addition, they must be large enough and provide enough space for forage unloading on both sides. Resistance to silage effluents is also a requirement.

Floor covers in dairy cattle housing, for which different designs and materials are available, are another important detail. With regard to the design of walking surfaces, which are generally made of concrete, a level-concrete design and a variant with basement are distinguished [10]. The design of slatted floors is governed by the DIN 18908 standard.

In order to guarantee sufficient claw abrasion on soft floor cover materials, an abrasive rubber cover was developed and examined. The results of the field study show that a combination of soft and soft-abrasive materials allows a balance between horn formation and horn abrasion to be reached, which leads to an improved claw shape [11].

Cows tolerate low temperatures in the winter better than periods of warm weather in the summer, which can even result in heat stress. At the Institute of Agricultural Engineering in Bornim (ATB), the influence of temperature-insulated roofs on heat stress in dairy



Bild 1: Stall während Messungen von Ammoniak-Emissionen mit Zudosierung von Tracergasen direkt an der emittierenden Fläche und Probenahme in drei Meter Höhe

Fig. 1: Animal house during ammonia measurements with dosing of the tracer gases next to the emitting surfaces and sampling three meters above floor

ter Dächer auf den Hitzestress bei Milchkühen untersucht. Es zeigte sich, dass die wärmegeämmten Dächer gegenüber den ungedämmten Dächern keine wesentlichen Vorteile bieten. Es wird empfohlen, durch freie Lüftung einen hohen Luftwechsel durch entsprechend große Öffnungen zu erreichen [12; 13].

Ein weiteres wichtiges Bauteil für das Wohlbefinden und die Leistung von Milchkühen ist der Funktionsbereich Liegen. In einer Felderhebung bei 66 Milchviehbetrieben durch Mitarbeiter der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen wurden Daten zum Tierverhalten und zu baulichen Aspekten und Funktionsmaßen zusammengestellt. Danach besteht ein signifikanter Einfluss der Boxenart auf die Abliegedauer. Die Liegeboxen sollen groß genug und weich ausgelegt sein. Die Bedeutung des Nackenriegels als geeignetes Steuerinstrument, auch im Hinblick auf die Positionierung im Liegen, wurde unterstrichen [14].

Ein neues Kehrgerät aus Frankreich mit langem Ausleger, das von der Front-Zapfwelle von Traktoren angetrieben wird, kann auch an unzugänglichen Stellen im Kuhstall, etwa im hinteren Teil der Liegeboxen, eingesetzt werden [15].

cows was studied. The results showed that temperature-insulated roofs do not provide any significant advantages as compared with non-insulated roofs. The recommended solution is a high air exchange rate realized by means of free ventilation and sufficiently large openings [12; 13].

Another important construction element for the well-being and the performance of dairy cows is the lying place as a functional area. In a field survey among 66 dairy cattle farms carried out by employees of the Chamber of Agriculture in North-Rhine Westphalia, data on animal behaviour, constructional aspects, and functional measurements were compiled. The results showed that the kind of boxes used significantly influenced lying duration. The lying boxes should be large enough and littered with soft material. The importance of the neck yoke as a suitable control instrument was emphasized also with regard to positioning during lying [14].

A new sweeping machine from France with a long boom driven by the front PTO of tractors can also be used at inaccessible places in the cow house, e.g. in the rear part of the lying boxes [15].

Neben der artgerechten Gestaltung des Stallklimas wird großer Wert auf geringe Emissionen der Stallsysteme gelegt. Besonderes Augenmerk richtet sich dabei auf das Gas Ammoniak. Es wurde ein Gleichungssystem entwickelt, das einen Ansatz für ein Prognosemodell über die Ausbreitung in der Luft darstellt [16].

In der Schweiz fördern staatliche Tierhaltungsprogramme Laufställe mit Ausläufen. Damit verbunden ist eine deutliche Erhöhung der verschmutzten Fläche mit höheren Ammoniak-(NH_3)-Emissionen. Untersuchungen zeigen, dass je nach Anordnung des Auslaufes der Tieraufenthalt und die Verschmutzung, aber auch die Häufigkeit der Reinigung stark variieren [17]. **Bild 1** zeigt die Tracer-Ratio-Methode zur Bestimmung der NH_3 -Emissionen in frei gelüfteten Ställen. Daraus abgeleitete Maßnahmen zur Minderung von Emissionen zielen dann auch auf die Reduktion von verschmutzter Fläche (Größe, Anordnung, Ausführung, Attraktivität) und eine Verbesserung ihrer Reinigung (rascher Harnabfluss, kurzes Reinigungsintervall).

In addition to animal-friendly barn climate control, great value is attached to low emissions of the housing systems. Attention in particular focuses on ammonia. An equation system has been developed which provides a basis for a prognostic model describing spreading in the air [16].

Animal housing programmes of the Swiss government subsidize loose houses with yards. However, the soiled area in these animal houses is significantly larger, which leads to higher ammonia (NH_3) emissions. Studies show that frequentation by the animals and soiling as well as the frequency of cleaning vary considerably [17]. **Figure 1** shows the tracer-ratio method for the determination of NH_3 emission in freely ventilated animal houses. Emission reduction measures derived from the results of this method therefore provide a reduction of the soiled area (size, arrangement, design, attractiveness) and improved cleaning (quick urine draining, short cleaning intervals).

Milking causes a large percentage of the process costs in dairy cattle housing. These costs depend on the cho-

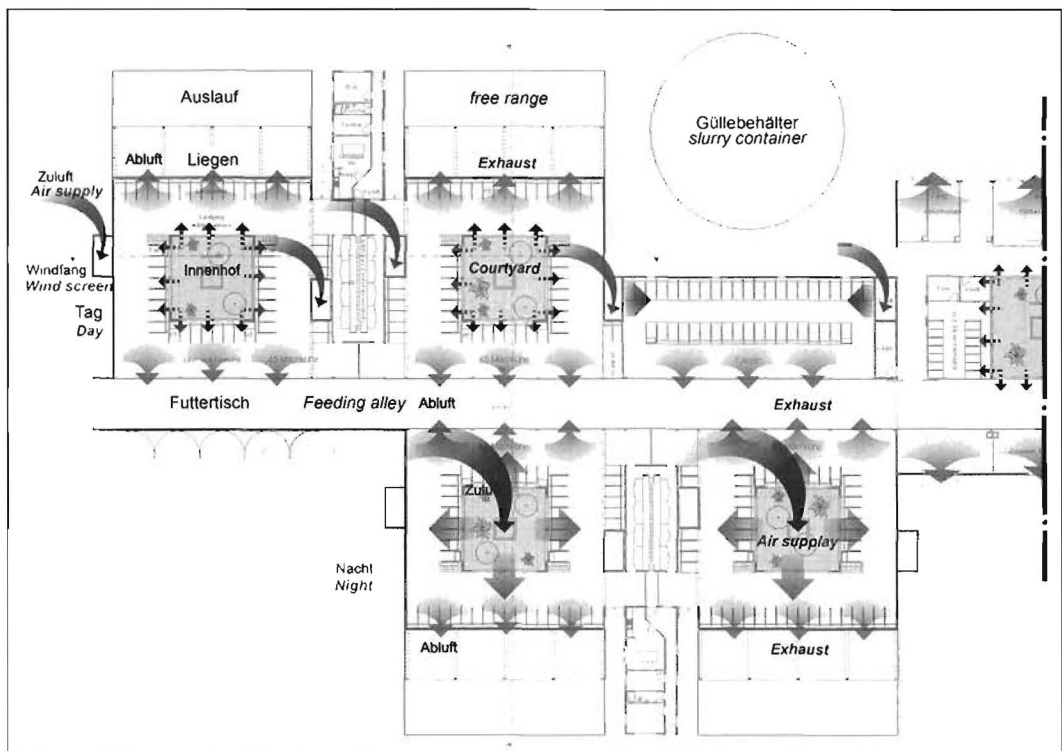


Bild 2: Grundriss der belüfteten Milchviehstallabteile für arides und semi-arides Klima
Fig. 2: Plan of ventilated compartments for cows in arid and semi-arid climate

Ein hoher Anteil der Verfahrenskosten in der Milchviehhaltung wird durch die Milchgewinnung verursacht. Diese Kosten sind vom gewählten Melksystem, dessen Größe und der technischen Ausstattung abhängig. Die Spannweite pro Melkplatz liegt dabei zwischen 4.900,- Euro pro Melkplatz (2 x 24 Fischgräte oder Side by Side) und 8.000,- Euro pro Melkplatz (2 x 4 Tandem). Dabei entfallen im Durchschnitt mehr als 50 % auf die Gebäude [18].

Um die Baukosten von Melkgebäuden bei Melkrobotern zu verringern, wurde in einem Projekt mit Betonfertigteilen gearbeitet. Gegenüber einer konventionellen Bauweise in Ortbeton- und Ziegel lassen sich bei reiner Fremdleistung die Kosten um etwa 45 % verringern [19]. Vorteile durch die Vorfertigung sind die optimierte Materialqualität und Installation der notwendigen Technik sowie die verkürzte Bauzeit. Zudem entsteht so ein sehr flexibles Bausystem, das sogar ein Versetzen der gesamten Melktechnik mit Einhausung ermöglicht.

Durch den Einsatz von Melkrobotern wird der Arbeitsalltag von Landwirten wesentlich erleichtert, da sie keine festen Melkzeiten einhalten müssen. Die jüngste Generation der Firma Lely, der A3 Next, kam jetzt auf den Markt. Mit verbesserter Qualitätsmessung und genauerer Mengenerfassung soll er dem Milchbauern größere Flexibilität ermöglichen. Die Kosten für die Installation eines solchen Automaten werden in der Standardausführung mit rund 120.000 Euro angegeben [20; 21]. Dazu bietet der französische Hersteller Jourdain

sen milking system, its size, and technical equipment. Expenses per milking place range between € 4,900 per milking place (2 x 24 herringbone or side-by-side) and € 8,000 per milking place (2 x 4 tandem). On average, the building accounts for more than 50% of the costs [18].

Prefabricated concrete parts were used in one project in order to reduce the construction expenses for milking buildings with milking robots. As compared with conventional construction with site concrete and brick, the costs were able to be reduced by 45% if construction work was carried out entirely by outside companies [19]. Advantages of prefabrication are optimized material quality and optimal installation of the necessary equipment as well as the shorter construction time. In addition, this technique provides a very flexible construction system, which even enables the entire milking equipment with the casing to be moved.

The use of milking robots significantly facilitates the everyday work of farmers because they do not have to keep fixed milking times. The youngest robot generation of the company Lely, the A3 Next, has now become available. This system is intended to give the dairy farmer more flexibility thanks to improved quality measurement and more precise quantity registration. The stated expenses for the installation of such an automatic system in the standard version amount to approximately € 120,000 [20; 21]. The French manufacturer Jourdain offers two and three-row cubicle houses

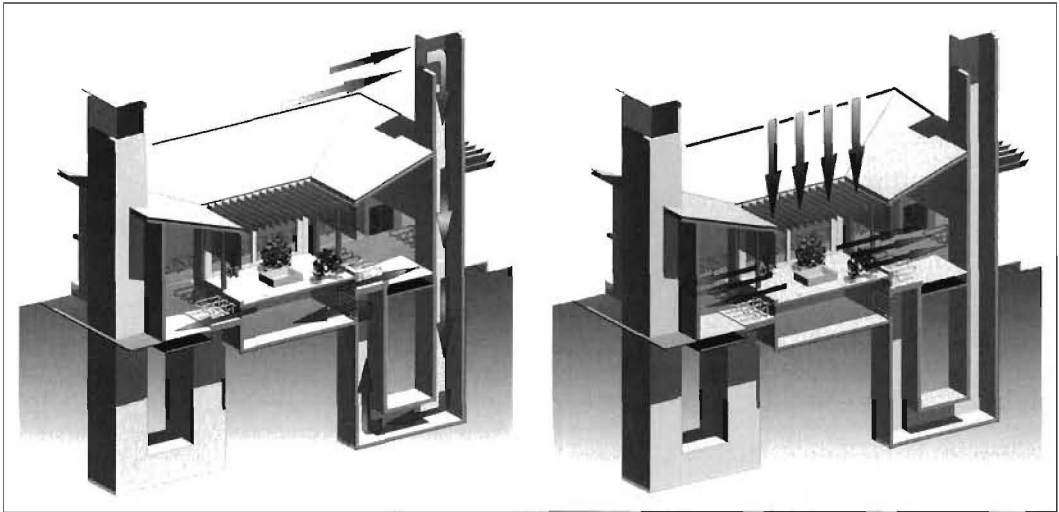


Bild 3: Perspektive eines belüfteten Innenhofs mit den Lüftungsfunktionen Tag und Nacht
Fig. 3: Perspective of a ventilated courtyard with day and night ventilation functions

zwei- und dreireihige Boxenlaufställe an, die speziell für den Einsatz von Melkrobotern geplant sind [22]. In [23] entwickelt Georges Stallgebäude zur Milchviehhaltung in ariden und semi-ariden Gebieten, bei denen das Hitzestressproblem durch neuartige Luftwärmetauscher und Innenhöfe gelöst wird. **Bild 2** zeigt eine mögliche Anordnung solcher Stallabteile in einer Stallanlage, **Bild 3** die Lüftungsfunktionen am Tag und in der Nacht. Bauliche Lösungen von landwirtschaftlichen Gebäuden sind idealerweise kostengünstig und flexibel, entsprechen den gesetzlichen Anforderungen, erfüllen die Umweltstandards und erlauben eine Teilnahme an Tierhaltungs- und Label-Programmen. Leider werden heute landwirtschaftliche Gebäude oft nur aus einem oder wenigen Blickwinkeln geplant, miteinander verglichen und gebaut. Um Tierhaltungssysteme ganzheitlich zu bewerten und zu optimieren, sollen in einem Projekt bestehende Methoden in einzelnen Bereichen zusammengefasst werden. Zur Optimierung von Tierhaltungssystemen wird die Methode der Schwachstellenanalyse angewendet [24]. Nach dem Erkennen von Schwachstellen und Formulieren von Optimierungsschritten werden dann Soll-Situationen aufgezeigt, diese mit der Ist-Situation sowie mit anderen Betrieben verglichen und auch innovative Ansätze für die Neukonzeption von Tierhaltungssystemen überprüft.

Bauen für Schweine

Das Flüssigmistlager von Schweineställen ist der wichtigste Entstehungsort von Methan. In einer Pilotanlage, die Praxisbedingungen im Stall simuliert, wurde Flüssigmist belüftet. Dadurch konnte eine Emissionsminderung von Methan um 70 % erreicht werden. Als optimaler Luftdurchfluss für minimale Emissionen wurden $7,2 \text{ m}^3$ Luft pro m^3 Flüssigmist und Tag ermittelt [25].

Strömungssysteme verlustarm und energieeffizient zu optimieren, ist nicht nur Grundaufgabe in der Klima- und Lüftungstechnik, sondern bei allen Rohrsystemen wie auch für die Fütterung. Zur Vermeidung von Energieverlusten haben sich Rohrbögen mit Mäandereffekt bewährt [26].

Der Bedarf an Energie für die beiden Hauptverbraucher der Schweinehaltung, Heizung und Lüftung, wurde an acht verschiedenen Stalltypen mit Daten aus drei Betriebsjahren festgestellt. Dabei zeigte sich eine starke Streuung. In der Ferkelaufzucht ergab sich ein Verbrauch von $61 \text{ kWh/Tierplatz und Jahr}$, für Mastschweine jedoch nur $45 \text{ kWh/Tierplatz und Jahr}$ [27].

Bei der Planung von Tierhaltungsanlagen, besonders von Mastschweineställen, ist eine Immissionsprognos-

pecially designed for the use of milking robots [22].

In reference [23], Georges develops buildings for dairy cattle housing in arid and semi-arid regions where the heat stress problem is solved by means of novel air heat exchangers and inner courtyards. **Figure 2** shows a possible arrangement of such compartments in an animal house, and **Figure 3** illustrates the ventilation functions during the day and at night.

Ideal constructional solutions for farm buildings are cost-effective and flexible, meet the legal requirements as well as environmental standards, and allow for participation in animal housing and label programmes. Unfortunately, however, farm buildings are planned, compared, and built based on only one or a few aspects today. For a comprehensive evaluation and optimization of animal housing systems, existing methods in individual areas are intended to be integrated in a project. The method of weak point analysis is applied in order to optimize animal housing systems [24]. After weak points have been detected and optimization steps have been formulated, ideal situations are described and compared with the current situation and other farms. In addition, innovative methods for the new design of animal housing systems are considered.

Construction for pigs

The liquid manure store of pig houses is the most important place of methane generation. In a pilot plant which simulates practical conditions in the animal house, liquid manure was ventilated. This reduced methane emissions by 70%. 7.2 m^3 of air per m^3 of liquid manure were determined as the optimal air flow rate for minimal emissions [25].

The loss-reducing and energy-efficient optimization of flow systems is not only a basic task of climate and ventilation technology, but also an objective for all tube systems and feeding. Pipe bends with a meander effect have proven themselves for the avoidance of energy losses [26].

The energy consumption of the two main consumers in pig housing, i.e. heating and ventilation, was determined using data from three operation years gained in eight different animal house types. The data showed a wide range of variation. While $61 \text{ kWh/animal place-year}$ were consumed in piglet rearing, consumption in fattening pig housing was only $45 \text{ kWh/animal place-year}$ [27].

Immission prognosis is indispensable for the planning of animal housing facilities and in particular fattening pig houses. For this purpose, the spreading simulation

tik unerlässlich. Hierzu wurde unter anderem die Ausbreitungssimulation STAR3D entwickelt. Demnach hat die Abluftgeschwindigkeit entscheidende Bedeutung für das Immissionsgeschehen im direkten Umfeld der Emissionsquelle [28]. Auch die Tieraktivität in Schweineställen steht in einem engen Zusammenhang mit der Partikeldynamik, wobei sich haltungsspezifische und jahreszeitabhängige Unterschiede zeigten [29].

Das Anhängen von Filteranlagen an Tierhaltungssysteme gilt vor allem wegen der hohen Kosten nicht als beste Lösung. Durch neue Luftführungskonzepte im Mastschweinestall lassen sich Emissionen um mehr als das geforderte Maß vermindern [30].

Mehrflächensysteme mit Auslauf haben eine deutlich höhere verschmutzte Fläche. Bei einer Untersuchung zu Ammoniakemissionen [NH_3] bei einem Mehrflächensystem mit Auslauf schwankte die Bandbreite zwischen hohen Emissionswerten im Sommer von 1.391 bis 2.928 mg NH_3 /Tier · Stunde und niedrigen Emissionswerten im Winter von 134 bis 600 mg NH_3 /Tier · Stunde [31]. Im Sommer dominierte dabei der Auslauf gegenüber dem Liegebereich mit einem Anteil von mehr als 85 % an der gesamten NH_3 -Emission. Die Schlussfolgerungen zielen darauf ab, dass bei zukünftigen Stallsystemen die emittierenden, also verschmutzten Oberflächen zu reduzieren sind (geschickte Anordnung und Nutzung von getrennten Klima- und Funktionsbereichen, rascher Harnabfluss, verbesserte Reinigung).

In der Ferkelproduktion müssen Abferkel- und Ferkelaufzuchtstall ganzjährig mit Wärme versorgt werden. Gestiegene Energiekosten steigern das Interesse an Alternativen. Wärmepumpen, die die Erdwärme nutzen, sind noch wenig verbreitet, obwohl die Technik ausgereift ist. Allerdings verlangen Wärmepumpen eine andere als die herkömmliche Planung. Die Fußbodenheizung für das Ferkelstall kommt mit einer geringen Vorlauftemperatur aus. Je höher sie sein muss, desto unwirtschaftlicher wird der Betrieb der Wärmepumpe. Die wirtschaftliche Obergrenze wird bei 45 °C angenommen [32].

Durch CO_2 -Steuerung der Lüfter lässt sich die Lufrate ständig dem momentanen Bedarf der Tiere anpassen. Wegen der sich schnell ändernden CO_2 -Abgabe der Tiere und der verzögerten Reaktion des Lüfters sowie auch der Pufferwirkung des Stallluftvolumens können Schwankungen bei der CO_2 -Konzentration nur wirksam bekämpft werden, wenn die CO_2 -Messungen und Lüfteranpassungen in sehr kurzen Zeitintervallen erfolgen [33]. Außerdem hat die Lüftersteuerung angemessen zu verlaufen. Der Integrationsfaktor, der zusammen mit der Abweichung der CO_2 -Konzentration vom Sollwert

software STAR3D und other systems were developed. Their results show that exhaust air speed is of decisive importance for immissions in the direct environment of the emission source [28]. There is also a close connection between animal activity in pig houses and particle dynamics with housing-specific and seasonal differences [29].

Especially due to the high costs, the attachment of filter systems to animal housing facilities is not considered the best solution. New air conduction concepts in the fattening pig house allow emissions to be reduced by more than the required quantity [30].

Multiple-area systems with a yard have a considerably larger soiled area. The measurement of ammonia emissions [NH_3] in a multiple-area system with a yard showed that emissions ranged from high values of 1,391 to 2,928 mg NH_3 /animal-hour in the summer to low values of 134 to 600 mg NH_3 /animal-hour in the winter. In the summer, the yard accounted for more than 85% of the entire NH_3 emission, which made it the predominant emission source as compared with the lying area. As a conclusion, the objective is the reduction of the emitting (i.e. soiled) surfaces in future housing systems by means of appropriate arrangement and the use of separate climate and functional areas, quick urine draining, and improved cleaning.

In piglet production, the farrowing and piglet rearing house must be heated all year round. Higher energy costs increase the interest in alternatives. Heat pumps, which use geothermal heat, are not yet used frequently even though the technology is mature. However, heat pumps require different planning than conventional housing. A low flow temperature is sufficient for floor heating in the piglet nest. The higher this temperature must be, the more unprofitable the operation of the heat pump becomes. The assumed upper limit for profitable operation is 45°C [32].

CO_2 controlled fans allow the air rate to be constantly adapted to the current demand of the animals. Due to the rapid fluctuation in the CO_2 quantities exhaled by the animals, the delayed reaction of the fan, and the buffer effect of the barn air volume, fluctuations in CO_2 concentration can only be effectively reduced if CO_2 measurements and fan adaptations take place in very short time intervals [33]. In addition, fan control must be appropriate. The integration factor, which determines fan adaptation in combination with the deviation of CO_2 concentration from the set value, should be as high as possible. However, it may not cause an overreaction of the fan. As compared with conventional ventilation, potential energy savings due to a CO_2 -controlled

die Lüfteranpassung bestimmt, soll möglichst groß sein, darf jedoch nicht zur Überreaktion des Lüfters führen. Die mögliche Energieeinsparung durch CO₂-Steuerung der Lüfrate ist gegenüber der konventionellen Lüftung umso grösser, je höher die Ansprüche bezüglich einer bedarfsgerechten Lüftung sind. Bei einem Versuch an der ART in Tänikon (Oktober 2009 bis März 2010) betrug die Energie-Einsparung bei der Raumheizung 40 %. Die Befürchtung, dass durch die starke Reduktion der Lüfrate während der Ruhephasen der Tiere die Ammoniakkonzentration in der Stallluft stark ansteigen könnte, hat sich als unbegründet erwiesen.

In Deutschland wird intensiv über den Perforationsgrad von Stallfußböden für Sauen im Abferkelbereich diskutiert. In einem Versuch mit $n = 472$ Würfen wurden eine starke Perforation von 40 %, eine geringe Perforation mit 10 % und Teilperforation von 10 % im vorderen und 40 % im hinteren Bereich verglichen. Es zeigt sich, dass die technische Ausführung des Fußbodenaufbaus (Material, Bauart der Roste, Aufstellungsform) im Allgemeinen einen größeren Einfluss auf Aspekte des Tierschutzes hat als der Perforationsgrad. Damit eignet er sich nur begrenzt als Parameter zur Bewertung der Tiergerechtigkeit [34].

In einer anderen Untersuchung wurde geprüft, ob sich die positiven Erfahrungen mit Gummimatten auf Betonspaltenböden aus der Rinderhaltung auf die Schweinehaltung übertragen lassen. Es wurden jedoch nur geringe Vorteile beobachtet [35].

air rate increase as the requirements with regard to demand-oriented ventilation grow. In a test carried out at the ART in Tänikon (October 2009 until March 2010), 40% of the energy needed for room heating was saved. The fear that the strong reduction of the air rate during the resting phases of the animals may cause ammonia concentrations in the barn air to increase considerably proved unfounded.

In Germany, the perforation degree of floors in the farrowing area of sow houses is being discussed intensively. In a trial with $n = 472$ litters, a high degree of perforation (40%), a low perforation degree (10%), and partial perforation (10% in the front and 40% in the rear area) were compared. The results showed that the technical design of the floor (material, design of the grids, housing system) generally have a greater influence on aspects of animal protection than the perforation degree. For this reason, its suitability as a parameter for the evaluation of animal welfare is limited [34].

Another trial addressed the question of whether the positive experiences with rubber mats on slatted concrete floors in cattle houses also apply to pig housing. However, only slight advantages were observed [35].

Literatur / Bibliography

- [1] *Damen, M.*: Fördervolumen ist gestiegen. Eilbote 57 (2009), H. 37, S. 7
- [2] *Landvolkverband Niedersachsen*: Landwirte wollen weiter investieren. Eilbote 57 (2009), H. 50, S. 9
- [3] *...*: Das Tal der Tränen schon durchschritten? Eilbote 57 (2009), H. 47, S. 8
- [4] *Achler, B.*: Milchviehhaltung mit atemberaubender Entwicklung. Eilbote 58 (2010), H. 8, S. 8
- [5] *Pelzer, A.*: Trends bei Bau und Ausrüstung von Milchviehställen. Landtechnik 63 (2008), H. 6, S. 322-323
- [6] *Bernhardt, H., S. Theis und J. Roitsch*: Qualitätsmanagementsysteme für Milchviehställe. Landtechnik 63 (2008), H. 1, S. 46-47
- [7] *Götz, M.*: Praktisch und gut – Milchviehställe. Land und Forst 162 (2009), H. 30, S. 44-45
- [8] *Simon, J., et al.*: Bauliche Lösungen für wachsende Milchviehbetriebe. In: Wendl, G.: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 14 (2009), S. 55-96
- [9] *Sontheimer, A.*: Ziel sind mehr als 600.000 Kilogramm Milch je AK. Eilbote 58 (2010), H. 10, S. 12-14
- [10] *Koopmann, J.*: Damit die Kühe gut laufen können. Land und Forst 162 (2009), H. 30, S. 39-41
- [11] *Benz, B.*: Feldversuch mit weichen, abrasiven Laufflächenbelägen in sechs Milchviehbetrieben. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 2009, S. 17-22
- [12] *Müller, H.-J., M. Schulz und C. Loebstin*: Einfluss wärmege-dämmter Dächer auf den Hitzestress bei Milchkühen. Landtechnik 64 (2009), H. 2, S. 112-115
- [13] *Müller, H.-J., und P. Sanftleben*: Hitzestress in der Milchviehhaltung. Landtechnik 63 (2008), H. 3, S. 172-173
- [14] *Dahlhoff, K., A. Pelzer und W. Büscher*: Einfluss der Boxengestaltung auf das Liegeverhalten von Milchkühen in Laufställen. Landtechnik 64 (2009), H. 6, S. 426-428
- [15] *Neumann, H.*: Schneereicher Winter lässt Kehrmaschinenabsatz blühen. Eilbote 58 (2010), H. 5, S. 10-14
- [16] *Müller, H.-J., und K.-H. Krause*: Emissionsfaktoren für Ammoniak bei frei gelüfteten Milchviehställen. Landtechnik 63 (2008), H. 2, S. 102-103
- [17] *Schrade, S., et al.*: Tieraufenthalt, Laufflächenverschmutzung und Ammoniakemissionen bei Milchviehställen mit Laufhof. In: 24. IGN-Tagung Nachhaltigkeit in der Wiederkäuer- und Schweinehaltung 2010, ART Tänikon, S. 50-54
- [18] *Kühberger, M., et al.*: Investitionsbedarf und Kosten konventioneller Melksysteme. Landtechnik 64 (2009), H. 4, S. 250-253
- [19] *Simon, J., und P. Stötzel*: Entwicklung einer Raumzelle in Fertigbauweise für Melkroboter zur Reduzierung der Baukosten. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 2009, S. 23-28
- [20] *Harms, J., und G. Wendl*: Analyse von Kapazitätsreserven bei automatischen Melksystemen. Landtechnik 64 (2009), H. 6, S. 432-435
- [21] *Schulze Ising, A.*: Die jüngste Generation ist gestartet. Eilbote 57 (2009), H. 29, S. 14-15
- [22] *...*: Boxenlaufställe mit Melkroboter. www.jourdain.fr – www.agrotechnic.lu
- [23] *• Georges, M.*: Entwicklung von Stallgebäuden zur Milchviehhaltung unter Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen in ariden und semiariden Gebieten. Diss., TU Braunschweig, 2010
- [24] *Zähner, M.*: Ganzheitliche Bewertung von Liegeboxenställen für Milchvieh. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 2009, S. 42-45
- [25] *Kresse, A., und W. Büscher*: Minderung von Methanemissionen durch Flüssigmistbelüftung im Technikum. Landtechnik 64 (2009), H. 2, S. 89-91
- [26] *Küppers, U.*: Mäandereffekt in der Landtechnik. Landtechnik 64 (2009), H. 5, S. 343-346
- [27] *Seifert, C., D. Witzke und St. Fritzsche*: Energie für Heizung und Lüftung in der praktischen Schweinehaltung. Landtechnik 64 (2009), H. 6, S. 423-425
- [28] *Rosenthal, E., et al.*: Einfluss der Abluftgeschwindigkeit auf die Ausbreitung von Aerosolen aus der Tierhaltung. Landtechnik 63 (2008), H. 2, S. 104-105
- [29] *Nannen, C., und W. Büscher*: Einfluss der Tieraktivität auf die Partikelzusammensetzung in verschiedenen Haltungssystemen der Schweinemast. Landtechnik 63 (2008), H. 3, S. 170-171
- [30] *Krause, K.-H., et al.*: Simulationen weisen der Luft den Weg – die intelligente Stalllüftung. Landtechnik 64 (2009), H. 1, S. 54-56
- [31] *Keck, M., K. Zeyer und L. Emmenegger*: Emissionen von Ammoniak und PM₁₀ aus der Schweinemast im Vergleich zwischen Haltungssystemen. In: 24. IGN-Tagung Nachhaltigkeit in der Wiederkäuer- und Schweinehaltung 2010, ART Tänikon, S. 25-29
- [32] *Diekmann-Lenartz, C.*: Die „andere“ Heizung im Abferkelstall. Land und Forst 162 (2009), H. 30, S. 46-47
- [33] *Van Caenegem, L., A. Soltermann und M. Schick*: Energie-sparpotenzial durch CO₂-gesteuerte Lüfrate in Abferkelställen. Landtechnik 65 (2010), H. 3, im Druck
- [34] *Meyer, E., et al.*: Unterschiedliche Perforationsgrade des Stallbodens im Kastenstand – Folgen für die Gesundheit von Sauen. Landtechnik 64 (2009), H. 6, S. 420-422
- [35] *Birkenfeld, C., et al.*: Gummimatten auf Betonspaltenböden. Landtechnik 63 (2008), H. 5, S. 264-265

12 Technik in der Tierhaltung

Machinery and Techniques for Animal Husbandry

12.1 Technik in der Milchviehhaltung

Machinery and Techniques for Dairy Cattle Husbandry

G. Wendl und J. Harms, Freising-Weihenstephan

Allgemeine Rahmenbedingungen

Die zukünftige Entwicklung der Milchviehhaltung wird von einer deutlich stärkeren Marktorientierung, einem weiter voranschreitenden Strukturwandel und einer zunehmenden Berücksichtigung des Klimawandels geprägt.

Für die Milchviehhalter sind die Zeiten mit relativ stabilen Marktpreisen vorbei. Größere Preisschwankungen wie bei Schweinefleischerzeugern werden im Rahmen der Marktliberalisierung auch auf die Milcherzeuger zukommen. Daher gilt es, alle Möglichkeiten der Kostensenkung auszuschöpfen und alle möglichen Reserven in der Produktionstechnik zu mobilisieren [1], um insgesamt die Produktivität und die Effizienz zu verbessern. Stärker schwankende Preise erfordern aber auch Maßnahmen zur Liquiditätssicherung, um in Preistälern die betriebliche Überlebensfähigkeit zu gewährleisten [2].

Der Strukturwandel in der Milchviehhaltung wird sich beschleunigt fortsetzen. Lag in Deutschland von 1999 bis 2007 das mittlere Bestandsgrößenwachstum bei etwa einer Kuh/Betrieb und Jahr [3], so wird sich die Wachstumsgeschwindigkeit wie in anderen Ländern deutlich erhöhen [4]. In Dänemark zum Vergleich beträgt die jährliche Wachstumsgeschwindigkeit mehr als zehn Kühe [5].

Der Tierhaltung wird als Verursacher von Treibhausgasen eine große Bedeutung zugemessen. Nach einem Bericht der FAO von 2006 werden 18 % der gesamten weltweit vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen auf die Tierhaltung zurückgeführt. Neuere Untersuchungen der FAO, die speziell für die Milcherzeugung einen Anteil von 4 % errechnen [6], relativieren zwar dieses Bild, dennoch wird auch die Milchviehhaltung dazu beitragen müssen, die Klimabelastung insgesamt zu reduzieren. Da sich die EU das Ziel gesetzt hat, die Treibhausgasemissionen bis 2020 gegenüber 1990 um 30 % zu reduzieren [9], wird in einigen Ländern sogar die Einführung einer so genannten Kuhsteuer diskutiert [7].

General conditions

The future development of dairy cattle husbandry will be characterized by significantly stronger market orientation, progressing structural change, and the increasing consideration of climatic change.

The times of relatively stable market prices for dairy cattle farmers are over. Like pork producers, dairy farmers will have to face larger price fluctuations as a result of market liberalization. Therefore, the entire cost-reducing potential must be exploited, and all available reserves in production technology must be mobilized [1] in order to improve overall productivity and efficiency. In addition, larger price fluctuations also require measures which secure liquidity so that the survival of the farms can be guaranteed even when prices are low [2]. Structural change in dairy cattle husbandry will continue and accelerate. While mean herd size growth in Germany reached approximately one cow per farm and per year from 1999 until 2007 [3], the speed of growth will increase significantly like in other countries [4]. For comparison: In Denmark, annual growth is more than 10 cows per herd [5].

Animal husbandry is considered a highly important source of greenhouse gas emissions. According to a report of the FAO from 2006, 18% of the entire greenhouse gas emissions caused by man worldwide are attributed to animal husbandry. Even though newer studies of the FAO, which calculate a share of 4% for milk production in particular [6], relativize this picture, dairy cattle husbandry will also have to make a contribution towards the overall reduction of climatic pollution. Since the EU set itself the goal to reduce greenhouse gas emissions by 30% by 2020 as compared with 1990 [9], the introduction of a so-called cow tax is even being discussed in some countries [7].

Electronic animal identification

The standardization of electronic animal identification is progressing. The standards ISO 11784 (Code structure) and ISO 11785 (Technical concept) went into effect in 1996. Four standards (ISO 24631-1 to ISO 24631-4)

Elektronische Tierkennzeichnung

Die Standardisierung der elektronischen Tierkennzeichnung schreitet weiter voran. Die Standards ISO 11784 (Kodestruktur) und ISO 11785 (technisches Konzept) wurden bereits 1996 erlassen. Im Jahre 2009 wurden vier Standards (ISO 24631-1 bis ISO 24631-4) für die Prüfung der Konformität und Leistung von Transpondern und Lesegeräten nach ISO 11784/11785 veröffentlicht. An weiteren Standards zur Prüfung von nicht synchronisierten Lesegeräten (ISO/WD 24631-5), zur Darstellung der Tiernummer (ISO/DIS 24631-6) und zur Synchronisierung von Identifikationssystemen (ISO/WD 24631-7) wird gearbeitet. Zur Standardisierung von Transpondern mit erweiterten Funktionen liegen inzwischen drei Normenentwürfe (ISO/DIS 14223-1, ISO/PRF 14223-2, ISO/CD 14233-3) vor [8].

Während bei Pferden die elektronische Tierkennzeichnung in der EU seit 2009 und bei Schafen seit 2010 obligatorisch ist [9], hat bei Rindern bisher nur Dänemark zum 1. Juli 2010 die obligatorische elektronische Kennzeichnung mit Ohrmarken eingeführt [10]. In Deutschland ist die freiwillige Verwendung einer elektronischen Ohrmarke seit 2007 zwar möglich, dies wird aber derzeit nur in einigen Bundesländern umgesetzt [11]. Bisher wurden für die elektronische Tierkennzeichnung nur Transponder im Niederfrequenzbereich (unter 135 kHz) zugelassen und eingesetzt. Da die Reichweite derartiger Systeme mit weniger als 1 m aber begrenzt ist [12], werden für größere Reichweiten und zur gleichzeitigen Erfassung von mehreren Tieren auch UHF-Transponder angeboten. Ein derartiges System (eTattoo™ Tag, 915 MHz) ist inzwischen in den USA für das nationale Kennzeichnungssystem zugelassen. Wissenschaftliche Untersuchungen über die Anwendung bei Rinderhalten und bei Viehauktionen liegen aber noch nicht vor [13].

Fütterungstechnik

Der Futtermischwagen ist zurzeit die Standardmechanisierung in der Milchviehfütterung. Es zeichnet sich aber auch bei der Fütterung der nächste Entwicklungsschritt in Richtung Automatisierung ab. In Deutschland dürften momentan etwa 30 sogenannte Fütterungsroboter im Einsatz sein, in Europa mehrere hundert. Schwerpunkt sind eindeutig die skandinavischen Länder, auch die meisten Hersteller kommen aus diesen Ländern [14]. Das aktuelle Marktangebot ist in [15] zusammengestellt. Mit diesen Systemen kann die Futtereffizienz gesteigert werden, da ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand die ein-

für die Konformität und Performance Testing von Transpondern und Lesern nach ISO 11784/11785 veröffentlicht wurden. Other standards on the testing of non-synchronized readers (ISO/WD 24631-5), the representation of animal identification information (ISO/DIS 24631-6), and the synchronization of identification systems (ISO/WD 24631-7) are being worked on. Three draft standards (ISO/DIS 14223-1, ISO/PRF 14223-2, ISO/CD 14233-3) on the standardization of transponders with extended functions are meanwhile available [8].

While electronic animal identification has been mandatory in the EU for horses since 2009 and for sheep since 2010 [9], obligatory electronic identification with ear tags for cattle has only been introduced in Denmark so far, where it became binding on 1st July 2010 [10]. In Germany, the voluntary use of an electronic ear tag has been possible since 2007. However, this is currently practiced in only a few federal states [11]. Thus far, only transponders in the low-frequency range (below 135 kHz) have been approved and used for electronic animal identification. Since the reading range of such systems (shorter 1 m) is limited [12], UHF transponders are offered for larger ranges and for the simultaneous identification of several animals. Such a system (eTattoo™ Tag, 915 MHz) has meanwhile been approved in the USA for the national identification system. However, scientific studies on application by cattle farmers and during animal auctions are not yet available [13].

Feeding technology

The mixer wagon is currently the standard form of mechanization in dairy cattle feeding. However, the next development step towards automation is announcing itself also in feeding. In Germany, an estimated number of approximately 30 so-called feeding robots are currently in use. In Europe, their number should amount to several hundred. The greatest concentration can clearly be found in the Scandinavian countries, and most manufacturers also come from these countries [14]. The equipment currently offered on the market is listed in reference [15]. These systems allow feed efficiency to be increased because the individual feed ration can be adapted more precisely to the demand of the individual group of animals without additional work requirements and feed can be dispensed several times per day.

Initial worktime measurements on farms with feeding robots and worktime modelling for farms with herds of 60 and 120 animals showed daily worktime savings of 30 to 40% (Fig. 1). However, the considerably higher investment costs require larger herds [16].

zelne Futterration näher an den Bedarf der jeweiligen Tiergruppe angepasst und mehrmals am Tag Futter vorgelegt werden kann.

Erste Arbeitszeitmessungen auf Praxisbetrieben mit Fütterungsrobotern und eine Modellierung der Arbeitszeiten für Betriebe mit Beständen von 60 und 120 Tieren ergaben eine tägliche Arbeitszeiterparnis von 30 bis 40 % (**Bild 1**). Die deutlich höheren Investitionskosten erfordern allerdings größere Bestände [16].

Melktechnik

Das automatische Melken ist weiter auf dem Vormarsch. Weltweit hatten Ende 2009 8.000 bis 9.000 Betriebe automatische Melksysteme (AMS) installiert, meist in Familienbetrieben mit ein bis drei Melkboxen. 90 % der AMS-Betriebe sind in Nord-West-Europa zu finden [17; 18]. In den Niederlanden ist von 2.000 Betrieben auszugehen, in Dänemark werden in 845 Betrieben (22 % aller Betriebe) bereits 27 % der Kühe automatisch gemolken [19]. Auch in Deutschland war in den letzten drei Jahren ein deutlicher Zuwachs zu verzeichnen. Nach Herstellerangaben werden bei Neuinvestitionen in die Melktechnik derzeit in fast 40 % der Betriebe automatische Melksysteme installiert (**Bild 2**).

Milking technology

Automatic milking is continuously gaining in acceptance. Worldwide, automatic milking systems (AMS) were installed on 8,000 to 9,000 farms at the end of 2009, most of them on family farms with one to three milking boxes. 90% of the AMS farms can be found in North-Western Europe [17; 18]. In the Netherlands, one can assume that 2,000 farms use AMS. In Denmark, 27% of the cows on 845 farms (22% of all farms) are already milked automatically [19]. A considerable increase has also been recorded in Germany in the past three years. According to the manufacturers, automatic milking systems are currently installed on almost 40% of the farms when new investments in milking equipment are made (**Fig. 2**).

The running expenses for electricity and water consumption also play an important role for the profitable use of a milking robot. Measurements on 8 Danish farms with 5 different robot models showed that electricity consumption fluctuated between 200 and 450 kWh per cow and per year depending on the system [20]. Even systems from the same manufacturer showed differences of 10 to 30%. Insufficient capacity utilization, improper setting of the water heater or the vacuum pumps, or wrong dimensioning and poorly serviced

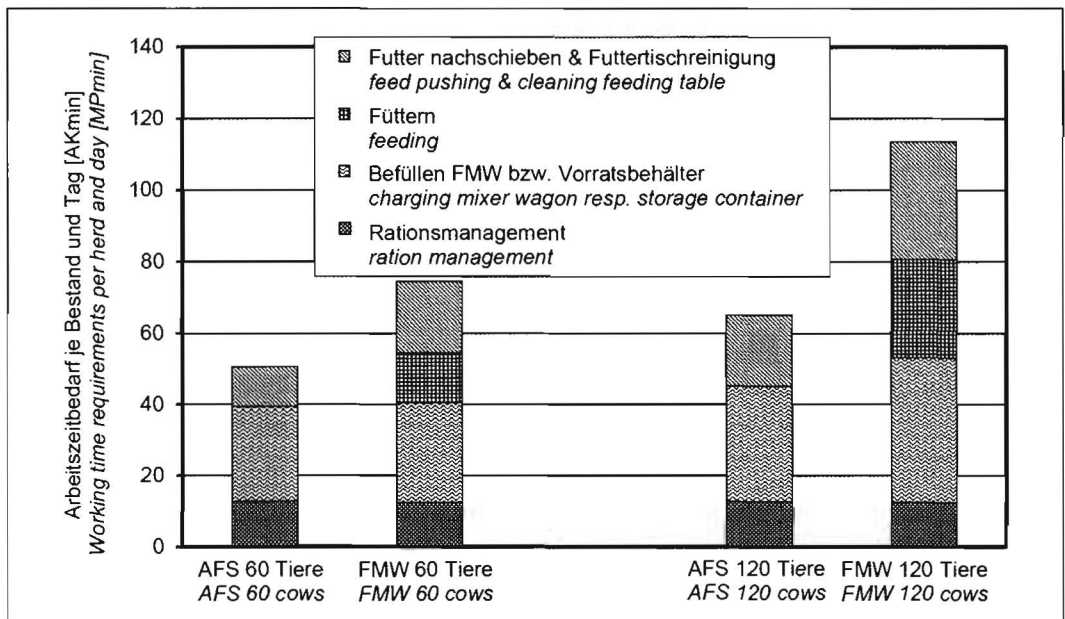


Bild 1: Vergleich des Arbeitszeitbedarfs bei Automatischem Fütterungssystem (AFS) und Futtermischwagen (FMW) [16]
Fig. 1: Comparison of working time requirements for automatic feeding system (AFS) and mixer wagon (FMW) [16]

Für einen wirtschaftlichen Betrieb eines Melkroboters spielen auch die laufenden Kosten für den Strom- und Wasserverbrauch eine bedeutende Rolle. Messungen in acht dänischen Praxisbetrieben mit fünf verschiedenen Robotermodellen ergaben, dass der Stromverbrauch je nach Anlage zwischen 200 und 450 kWh pro Kuh und Jahr schwankte [20]. Selbst zwischen Anlagen des gleichen Herstellers waren Unterschiede von 10 bis 30 % festzustellen. Verantwortlich dafür sind eine ungenügende Auslastung, aber auch eine fehlerhafte Einstellung des Warmwasserbereiters oder der Vakuumpumpen oder eine falsche Dimensionierung und schlecht gewartete Kompressoren. Der Wasserverbrauch für die Roboterreinigung schwankte bei den Betrieben zwischen 174 und 598 l pro t Milch.

Werden die Messergebnisse auf 2,5 Melkungen pro Kuh und Tag korrigiert, so ergeben sich jährliche Gesamtkosten für Strom und Wasser je nach Hersteller zwischen 46 € und 98 € pro Kuh [21]. Eine differenzierte Betrachtung der Einflussgrößen, eine laufende Kontrolle und Wartung sowie eine weitere Optimierung sind notwendig.

Für einen erfolgreichen Betrieb eines automatischen Melksystems ist das freiwillige Aufsuchen der Melkbox durch die Kühe von herausragender Bedeutung. Kraftfutter dient dabei als Lockmittel für ausreichende Robo-

compressors are responsible for these fluctuations. Water consumption for robot cleaning fluctuated between 174 and 598 litres per tonne of milk on the individual farms.

If the measurement results are corrected based on 2.5 milkings per cow and per day, total annual expenses for electricity and water range between € 46 and 98 per cow depending on the manufacturer [21]. A differentiated consideration of the influencing variables, continuous control and maintenance, as well as further optimization are necessary.

Voluntary visits of the cows to the milking box are of prime importance for the successful operation of an automatic milking system. Feed concentrate serves as a stimulus for a sufficient number of robot visits. Tests with different grain varieties as main components of feed concentrate showed that a barley/oat mixture had increased the frequency of AMS visits and reduced the number of cows which had to be fetched for milking. This illustrates that tasty feed concentrate motivates the cows to visit the milking box more frequently [22]. The addition of taste and appetite-stimulating substances to the feed concentrate has similar effects [23]. Mastitis is one of the most common and most cost-intensive diseases in dairy cattle husbandry. In contrast to conventional milking, where the milker evaluates

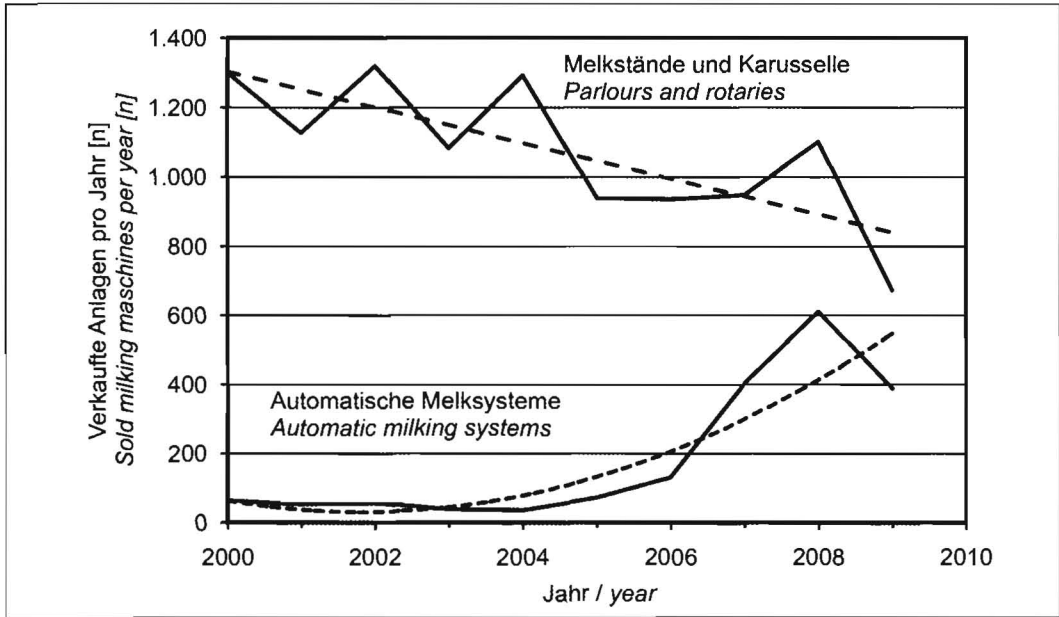


Bild 2: Entwicklung der Verkaufszahlen von neuen Melkanlagen in Deutschland nach Herstellerangaben
Fig. 2: Development of milking machines sold in Germany, estimates according manufacturers

terbesuche. Untersuchungen mit unterschiedlichen Getreidearten als Hauptkomponenten des Kraftfutters zeigten, dass eine Gerste/Hafer-Mischung die AMS-Besuche gesteigert und die Zahl der Kühe, die zum Melken geholt werden mussten, reduziert hatte. Damit wird verdeutlicht, dass die Schmackhaftigkeit des Kraftfutters zu einem häufigeren Besuch der Melkbox anregt [22]. Auch die Zugabe von geschmacks- und appetitanregenden Stoffen zum Kraftfutter hat ähnliche Wirkungen [23].

Mastitis ist eine der häufigsten und kostenintensivsten Krankheiten in der Milchviehhaltung. Im Gegensatz zum konventionellen Melken, wo der Melker die Milchqualität beurteilt, übernehmen beim automatischen Melken Sensoren und Überwachungsprogramme diese Aufgabe. Landwirte beklagen aber die relativ hohe Zahl von falsch-positiven Alarmen auf den Überwachungslisten [24]. Für die Überprüfung der Milchqualität sind derzeit Sensoren zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit, der Milchfarbe, des Enzyms LDH und der somatischen Zellzahlen kommerziell verfügbar. Für die Verrechnung der Messwerte und die Generierung von Alarmmeldungen werden verschiedene Algorithmen wie einfache Grenzwerte, Zeitreihenanalyse, Regressionsmodelle, neuronale Netze, Fuzzy Logic und andere Dataming-Verfahren kommerziell eingesetzt oder vorgeschlagen. Die bisher erreichten Sensitivitäts- und vor allem Spezifitätswerte sind jedoch noch zu verbessern, besonders vor dem Hintergrund der geringen Prävalenz der Erkrankungsfälle [25]. Eine Einbeziehung des kuhspezifischen Risikos einer Mastitiserkrankung basierend auf individuellen Kuhdaten wie Alter, Laktationsmonat, historische Eutergesundheit führte nicht zu der erhofften deutlichen Verbesserung der Erkennungsraten [24]. Zukünftig wird die „Definition“ von Mastitis als binäre Variable zu überdenken sein und die Einführung des Grads der Infektion möglicherweise zu verbesserten Hinweisen führen [25 bis 27].

Herdenmanagement und Tierüberwachung

Nicht nur beim Melken und Füttern, sondern auch in der Tierüberwachung werden zunehmend automatisierte Verfahren eingesetzt. Der Einsatz von Sensoren für die Tierüberwachung erzeugt ein großes Datenvolumen, das mit Hilfe entsprechender Software für das rechnergestützte Herdenmanagement zu nutzen ist. Der absehbare Einsatz von weiteren Sensoren erfordert in Zukunft noch komplexere Herdenmanagementsysteme. Eine Methode zur besseren Überwachung, Steuerung und Lenkung eines Produktionsprozesses ist die statistische

milk quality, sensors and monitoring programs take over this task during automatic milking. However, farmers complain about the relatively large number of false-positive alarms on the monitoring lists [24]. Sensors for the measurement of electric conductivity, milk colour, LDH enzyme, and somatic cell counts are currently commercially available for the examination of milk quality. Different algorithms, such as simple thresholds, time-series analysis, regression models, neural networks, fuzzy logic, and other data mining techniques, are used commercially or have been proposed for the processing of the measurement values by means of calculation and alarm generation. However, the currently reached sensitivity and in particular the specificity values leave room for improvement especially with regard to the low prevalence of diseases [25]. The inclusion of the cow-specific mastitis risk based on individual cow data, such as age, lactation month, and historic udder health, did not lead to the significant improvement of detection rates that was originally hoped for [24]. In the future, the “definition” of mastitis as a binary variable will have to be reconsidered, and the introduction of the degree of infection might possibly lead to better detection rates [25 to 27].

Herd management and animal monitoring

Automated techniques are used more and more often not only for milking and feeding, but also for animal monitoring. The use of sensors for animal monitoring generates a large data volume, which should be used for computer-based herd management with the aid of appropriate software in the future. The foreseeable use of other sensors requires even more complex herd management systems. A method for better monitoring, control, and steering of a production process is statistical process control (SPC), which is currently not yet used frequently in livestock farming [28]. The application of CUSUM-Stewart techniques for the monitoring of daily milk quantity and the electric conductivity of the milk, for example, confirmed their potential. This technique allowed udder infections as well as reproductive and metabolic diseases to be detected earlier and with fewer false-positive alarms as compared with the present commercial management program [29]. In the future, the application of such modern evaluation techniques in combination with new sensors will keep increasing. In addition to the Herd Navigator™ system (DeLaval, Tumba, Sweden [30]) for the earlier detection of metabolic diseases, a ruminating sensor has been offered commercially since 2007 (SCR Engineers Netanya, Isra-

Prozesslenkung (Statistical Process Control SPC), die in der Tierhaltung bisher noch nicht häufig benutzt wird [28]. Die Anwendung von CUSUM-Stewart-Verfahren beispielsweise zur Überwachung der täglichen Milchmenge und der elektrischen Leitfähigkeit der Milch bestätigte deren Potenzial. So konnten mit diesem Verfahren Euter-, Reproduktions- und Stoffwechselerkrankungen gegenüber dem bisherigen Managementprogramm sowohl früher als auch mit weniger falsch-positiven Alarmen erkannt werden [29]. Die Anwendung derartiger neuerer Auswertverfahren in Verbindung mit neuen Sensoren wird künftig weiter zunehmen.

Zur früheren Erkennung von Stoffwechselstörungen wird neben dem System Herd Navigator™ (DeLaval Tumba, Schweden [30]) seit 2007 ein Wiederkausensor kommerziell angeboten (SCR Engineers Netanya, Israel), zu deren Validierung bisher wissenschaftliche Untersuchungen fehlten. Eine Studie an 27 Kühen zeigte, dass die automatisch erfasste Wiederkauzeit mit der visuellen Beobachtungszeit sehr gut übereinstimmt (mittlere Abweichung 0,45 min/2-Stunden-Periode) und somit ein präzises Sensorsystem zur Verfügung steht [31].

Die Brunstbeobachtung ist ein Kernproblem in der Fruchtbarkeitsüberwachung. Die Schwierigkeit besteht darin, dass die Brunstdauer der Kühe unterschiedlich lang ist, dass auch die Brunstsymptome bei den einzelnen Kühen unterschiedlich stark ausgeprägt sind und dass die Brunstdauer im Durchschnitt kürzer geworden ist [32]. Pedometer zur Brunsterkennung, die mit dem Transponder kombiniert als Fuß- oder Halspedometer angeboten werden und in das Herdenmanagementprogramm eingebunden sind, werden schon vielfach in der Praxis eingesetzt. Seit kurzem wird auch ein autonom arbeitendes Brunstüberwachungssystem (Heatime™, SCR Engineers Netanya, Israel) angeboten. Dieses System erfasst mit Hilfe eines Beschleunigungssensors alle Tierbewegungen und deren Intensität in 2-Stunden-Blöcken, arbeitet als Stand-alone-System und ist nicht in ein Herdenmanagementprogramm eingebunden [33]. Es eignet sich daher gut zum Nachrüsten im Milchkuhbestand oder zum Einsatz in Färsengruppen. Vorteilhaft ist, dass durch die temporäre Nutzung in der in Frage kommenden Zeitspanne nur etwa 40 % der Herde mit Sensoren ausgerüstet werden müssen und dadurch die Investitionskosten niedriger sind [32].

Viele Untersuchungen belegen den negativen Einfluss von verschiedenen Gesundheitsstörungen auf die Futteraufnahme und zeigen dessen Potenzial für die Früherkennung von Krankheiten. Die automatische Registrierung der Futteraufnahme ist jedoch für die Praxis zu

el). However, scientific studies for its validation have not been available so far. A study with 27 cows showed that the automatically measured ruminating time matches the visually observed time very well (mean deviation 0.45 min / 2-hour period). Thus, a precise sensor system is now available [31].

Oestrus observation is a core problem in fertility monitoring. The problem is that oestrus duration is different in individual cows and that the intensity of oestrus symptoms also varies between cows. In addition, average oestrus duration has become shorter [32]. Pedometers for oestrus detection, which are offered as leg or neck pedometers combined with the transponder and are integrated in the herd management program, are already frequently used in practice. In addition, an autonomous oestrus monitoring system (Heatime™, SCR Engineers Netanya, Israel) has recently become available. This system records all animal movements and their intensity in 2-hour blocks with the aid of an acceleration sensor. In addition, it works as a stand-alone system and is not integrated into a herd management program [33]. It is therefore very suitable as retrofit equipment in a dairy cow herd or for use in heifer groups. It is advantageous that only 40% of the herd must be equipped with sensors due to the temporary use of the system during the relevant time period, which reduces investment costs [32].

Many studies prove the negative influence of different diseases on feed intake and show its potential for the early detection of diseases. However, the automatic registration of feed intake is too cost-intensive for practical application. Since a close relation exists between feed and water intake, the latter can serve as an effective indirect measure of feed intake. Automatic water metering can be realized relatively cheaply and therefore provides an interesting option for the indirect monitoring of feed intake and the prediction of diseases and oestrus [34; 35].

Short-term changes in feed intake behaviour and the daily duration of feed intake in particular are also suitable for health monitoring. A simple detection algorithm was already sufficient to detect 80% of the cows affected by acute ketosis and lameness at least one day before diagnosis by the staff. In combination with other monitoring systems, other diseases, such as mastitis, can probably also be detected earlier [36].

kostenintensiv. Da aber eine enge Beziehung zwischen Futteraufnahme und Wasseraufnahme besteht, kann die Wasseraufnahme als effektiver indirekter Maßstab für die Futteraufnahme dienen. Eine automatische Wassererfassung ist relativ preisgünstig zu realisieren und stellt daher eine interessante Option für die indirekte Überwachung der Futteraufnahme sowie für die Vorhersage von Gesundheitsstörungen und der Brunst dar [34; 35].

Auch kurzfristige Änderungen im Futteraufnahmeverhalten, besonders die tägliche Dauer der Futteraufnahme, eignen sich für die Gesundheitsüberwachung. Schon mit einem einfachen Detektionsalgorithmus konnten 80 % der Kühe mit akuten Ketosis- und Lahmheitsfällen mindestens einen Tag vor der Diagnose durch das Personal erkannt werden. In Verbindung mit anderen Überwachungssystemen dürften auch andere Erkrankungen wie Mastitis früher zu ermitteln sein [36].

Ausblick

Die Milchviehhaltung unterliegt aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen einem ständigen Änderungsprozess. Der Trend zur weiteren Automatisierung in der Milchviehhaltung wird anhalten. Dies schließt auch eine intensivere Tierüberwachung mit ein, für die zusätzliche Sensoren und verbesserte Algorithmen notwendig und in Entwicklung sind. Durch mehr Sensoren sind mehr tierindividuelle Informationen verfügbar, wodurch die Bedürfnisse des Einzeltieres besser berücksichtigt werden können und somit die Effizienz der Milchherzeugung gesteigert wird.

Outlook

Dairy cattle husbandry is undergoing constant change due to the general economic conditions. The trend towards increasing automation in dairy cattle farming will continue. This also includes more intensive animal monitoring, which requires additional sensors and improved algorithms that are currently being developed. Thanks to new sensors, more information about the individual animal is available. This allows the needs of each animal to be better taken into consideration, which increases the efficiency of milk production.

Literatur / Bibliography

- [1] Göbbel, T.: Schwere Zeiten für Milchviehbetriebe - Die Könnner machen das Rennen. *Milchpraxis* 47 (2009), H. 3, S. 92-94
- [2] Brand-Saßen, H.: Theorie und Praxis. *DLG-Mitteilungen* 125 (2009), H. 12, S. 70-71
- [3] • Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Statistisches Jahrbuch für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland. *Wirtschaftsverlag NW GmbH, Bremerhaven*, 2009
- [4] Lassen, B., und G. Busch: Entwicklungsperspektiven der Milchproduktion in verschiedenen Regionen Niedersachsens. *Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig*, 2009. http://www.vti.bund.de/fallidok_extern/bitv/dk043128.pdf, Abrufdatum 31. 5. 2010
- [5] N., N.: Denmark – fastest developing dairy farming sector in the World. *agrifuture* (2010), H. 1, S. 6
- [6] N., N.: Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector – A Life Cycle Assessment. <http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf>, Abrufdatum 5. 5. 2010
- [7] N., N.: Methansteuer für Kühe? *DLG-Mitteilungen* 125 (2009), H. 6, S. 8
- [8] ISO (International Standard Organization): Standards and projects under the direct responsibility of TC 23/SC 19 Secretariat. http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=47156, Abrufdatum 8. 6. 2010
- [9] N., N.: Entscheidung Nr. 406/2009/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0136:0148:DE:PDF>, Abrufdatum 8. 6. 2010

- [10] Hansen, O.K.: Introduction of mandatory electronic identification of cattle in Denmark. Proceedings of the ICAR 37th Annual Meeting, Riga (Latvia), 31. Mai bis 4. Juni 2010
- [11] Schwalm, A., H. Georg und G. Ude: Elektronische Tierkennzeichnung. *Landbauforschung vTI Agriculture and Forestry Research* 59 (2009), H. 4, S. 279-286
- [12] Pirkelmann, H., et al.: Die elektronische Tierkennzeichnung im Großversuch – Aktueller Stand des EU-Projektes „IDEA“ in Deutschland. *KTBL-Schrift 390 Elektronikinsatz in der Landwirtschaft*, Darmstadt, 2000, S. 34-40
- [13] Swedberg, C.: USDA Approves First UHF Tag for Animal Identification System. <http://www.rfidjournal.com/article/view/7304>, Abrufdatum 8. 6. 2010
- [14] Liste, P.: Futter-Roboter drängen auf den Markt. *top agrar* 39 (2010), H. 1, S. R24-R25
- [15] Spann, B., und F. Freiberger: Was können die Futter-Roboter? *top agrar* 39 (2010), H. 1, S. R30-R31
- [16] Grothmann, A., und F. Nydegger: Arbeitszeitmessungen bei automatischen Fütterungsanlagen in der Milchviehhaltung. Unveröffentlichtes Manuskript, ART Reckenholz-Tänikon, 2010
- [17] De Koning, C. J. A. M.: Automatic Milking – Common Practice on Dairy Farms. Proceedings of the first North American Conference on Precision Dairy Management, 2. bis 5. März 2010 in Toronto (Canada), S. 52-67
- [18] Harms, J., und G. Wendl: Automatisierung in der Milchviehhaltung – Stand der Technik und Entwicklungstendenzen. Tagungsband zur Landtechnisch-baulichen Jahrestagung am 25. November 2009 in Triesdorf. Schriftenreihe (14/2009) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, 2009, S. 15-35
- [19] Lauritsen, U., and A. Fogh: Huge Potential in Data from AMS from a Breeder's Perspective. Proceedings of the first North American Conference on Precision Dairy Management, 2. bis 5. März 2010 in Toronto (Canada), S. 28-29.
- [20] Jensen, M. L.: Power and water-consumption with AMS. *FarmTest* Nr. 61, 2009, <http://www.landbrugsinfo.dk/Tvaerfaglige-emner/FarmTest/Filer/Farmtest61-AMS-UK-web.pdf>, Abrufdatum 5. 5. 2010
- [21] Zäh, M.: Test Energie- und Wasserverbrauch automatischer Melksysteme: Der tägliche Unterschied. *Profi* 22 (2010), H. 3, S. 70-73
- [22] Madsen, J., M. R. Weisbjerg and T. Hvelplund: Concentrate composition for Automatic Milking Systems – Effect on milking frequency. *Livestock Science* 127 (2010), S. 45-50
- [23] Migliorati, L., et al.: Influence of feeding flavouring-appetizing substances on active of cows in an automatic milking system. *Italian Journal of Animal Science* 8 (2009), H. 2, S. 417-419
- [24] Steeneveld, W., et al.: Simplify the interpretation of alert lists for clinical mastitis in automatic milking systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 71 (2010), S. 50-56
- [25] Hogeveen, H., et al.: Sensor and Milk Quality – the Quest for the Perfect Alert. Proceedings of the first North American Conference on Precision Dairy Management, 2. bis 5. März 2010 in Toronto (Canada), S. 138-151
- [26] Meilina, H., et al.: Double threshold method for mastitis diagnosis based on NIR spectra of raw milk and chemometrics. *Biosystems Engineering* 104 (2009), S. 243-249
- [27] Højsgaard, S., and N. C. Friggens: Quantifying degree of mastitis from common trends in a panel of indicators for mastitis in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93 (2010), S. 582-592
- [28] De Vries, A., and J. K. Reneau: Application of statistical process control charts to monitor changes in animal production systems. *Journal of Animal Science* 88 (2010), S. E11-E24
- [29] Lukas, J. M., et al.: A novel method of analyzing daily milk production and electrical conductivity to predict disease onset. *Journal of Dairy Science* 92 (2009), S. 5964-5976
- [30] N. N.: Herd Navigator™ Proactive herd management. http://herd.interdrive.dk/userfiles/File/Documents%20-%20english/HN_Final_ENG_lowres.pdf, Abrufdatum 5. 5. 2010.
- [31] Schirmann, K., et al.: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92 (2009), S. 6052-6055
- [32] Jung, M.: Brunstbeobachtung – das Kernproblem der Fruchtbarkeit. *Milchpraxis* 48 (2010), H. 2, S. 54-57
- [33] SCR: Heatime™ Standalone. <http://www.scrdairy.com/EstrusDetection.asp>, Abrufdatum 21. 6. 2010
- [34] Lukas, J. M., J. K. Reneau and J. G. Linn: Water Intake and Dry Matter Intake Changes as a Feeding Management Tool and Indicator of Health and Estrus Status in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 91 (2008), S. 3385-3394
- [35] Dolinger, J., A. Kindler und Otto Kaufmann: Veränderungen des Futteraufnahmeverhaltens von Milchkühen bei der Brunst. Tagungsband der 24. IGN-Tagung 2010 „Nachhaltigkeit in der Wiederkäuer- und Schweinehaltung“, 3. bis 5. Juni 2010. Hrsg.: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Tänikon (Schweiz)
- [36] Gonzáles, L. A., et al.: Changes in Feeding Behavior as Possible Indicators for the Automatic Monitoring of Health Disorders in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 91 (2008), S. 1017-1028

12.2 Technik in der Rindermast

Techniques and Equipment for Cattle Fattening

W. Hartmann, Darmstadt

Allgemeine Rahmenbedingungen

In Deutschland ist wie in der gesamten EU die Rindfleischproduktion seit Jahren rückläufig, während in Ländern wie Brasilien und China Produktionszuwächse zu beobachten sind [1]. Bei der Rindfleischproduktion steht Deutschland mit rund 1,2 Mio. t im Jahr 2007 weltweit auf dem 14. Platz, innerhalb der 27 EU-Staaten ist es nach Frankreich der zweitgrößte Produzent. Die Rindfleischproduktion ist eng mit der Milchproduktion verknüpft, etwa 50 % des Rindfleischaufkommens stammen aus der Milchviehhaltung [2]. Je nach Rasse und Region werden die Kälber für die Mast bis zu einem Alter von 15 bis 30 Tage und 55 bis 70 kg Lebendgewicht, Starter im Alter von 40 bis 80 Tage und 80 bis 105 kg Lebendgewicht oder Fresser im Alter von 135 bis 165 Tage und 190 bis 210 kg Lebendgewicht aufgezogen [3; 4].

In der speziellen Rindermast ist die Mast von Jungbullen das wichtigste Produktionsverfahren. Es basiert vor allem auf den Rassen Holstein und Fleckvieh. Daneben werden Mastkreuzungen von Holstein mit Fleischrinderrassen verwendet. Das Mastendgewicht der Mastbullen beträgt je nach Rasse und Produktionsverfahren 590 bis 695 kg Lebendgewicht bei einer Ausschachtung von 56 bis 64 % [3].

Die Mutterkuhhaltung hat mit 15 % des Kuhbestandes im Vergleich mit Frankreich, Spanien, Irland und Großbritannien eine geringere Bedeutung [1]. Die meisten Betriebe mästen die Absetzer selbst aus. Die größeren Betriebe vor allem in den östlichen Bundesländern verkaufen die männlichen Absetzer an spezialisierte Bullenmäster im In- oder Ausland. Weibliche Absetzer werden zur eigenen Nachzucht verwendet oder als Färsen auf der Weide ausgemästet [5].

Haltungsverfahren und Stalltechnik

Für Mastrinder sind Spaltenbodenställe mit mittlerem Futtertisch der Standard. Tretmist- und Tiefstreuställe kommen für Mastbullen ebenfalls zum Einsatz. Diese Haltungsverfahren werden häufig bei Umbaumaßnahmen gewählt, während die Zahl der Neubauten gering ist. Die Spaltenbodenställe in der Jungbullenmast sind meist Einraumlaufställe mit voll perforiertem Boden.

General conditions

In Germany like in the entire EU, beef production has been decreasing for years, whereas production growth can be observed in countries like Brazil and China [1]. Given a production of 1.2 million tonnes in the year 2007, Germany occupies 14th place among global beef producers. Within the 27 EU countries, Germany is the second largest producer after France. Beef production is closely connected to milk production. Approximately 50% of the beef production comes from dairy cattle farming [2]. Depending on the race and the region, the animals are raised for fattening as calves up to an age of 15 to 30 days and a live weight of 55 to 70 kg, as starters at an age 40 to 80 days and a live weight 80 to 105 kg, or as young fattening animals at an age between 135 and 165 days and a live weight between 190 and 210 kg [3; 4].

In special cattle fattening, young bull fattening is the most important production technique. It is primarily based on the races Holstein and Simmental. In addition, fattening crossbreeds of Holstein and beef breeds are used. Depending on the race and the production technique, the finished live weight of fattening bulls ranges between 590 to 695 kg with a carcass percentage of 56 to 64% [3].

Given a share of 15% of all cows, the importance of suckler cow husbandry is smaller than in France, Spain, Ireland, and the UK [1]. Most farms fatten the weaners themselves. Larger farms especially in Eastern Germany sell male weaners to specialized bull fatteners in Germany or abroad. Female weaners are used for replacement on the farm or fattened as heifers on the pasture [5].

Housing techniques and barn equipment

Slatted floor houses with a central feeding passage are standard for fattening cattle. Sloped floor and deep litter houses are also used for fattening bulls. These housing techniques are often chosen as conversion solutions, while the number of new buildings is low. Slatted floor houses in young bull fattening are generally one-space loose houses with a fully perforated floor. Group size varies between 5 and 10 animals on most

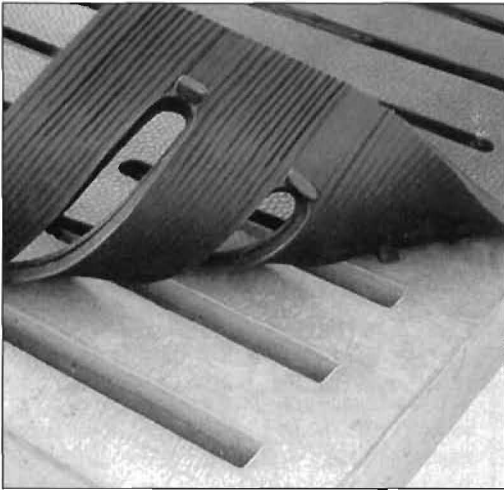


Bild 1: Spaltenboden mit Gummiauflage
(Werkbild Kraiburg)

Fig. 1: Slatted floor with rubber covering
(photo Kraiburg)

Die Gruppengröße variiert in den meisten Betrieben zwischen fünf und zehn Tieren. Das Tier-Fressplatz-Verhältnis beträgt meist 1:1. Für Ställe, in denen die Tiere während der Mast umgebuchtet werden, sind zwei verschiedene Buchtengrößen erforderlich. Das Umbuchten der Tiere ist aber aus arbeitswirtschaftlichen Gründen kaum noch üblich.

Um die Liegeflächenqualität und die Trittsicherheit in Vollspaltenbodenbuchten zu verbessern, werden auf der Hälfte der Buchtenfläche Spaltenbodenelemente mit Gummiauflage eingesetzt (**Bild 1**). Von Nachteil ist der ungenügende Klauenabrieb [6]. In Vollspaltenbodenbuchten werden den Bullen in der Endmast maximal 3 m² je Tier angeboten. Mit zunehmendem Flächenangebot liegen die Tiere länger in wechselnden Liegepositionen. Die Verletzungs- und Verschmutzungsgefahr wird geringer und die Tageszunahmen nehmen zu [7; 8].

Der anfallende Flüssigmist wird häufig im Treibmistverfahren aus dem Stall über eine Vorgrube in den außen liegenden Flüssigmistbehälter gepumpt [9]. Bei Lagerung in Lagerräumen unter dem Stall wird der Flüssigmist mit einem Zirkulationsverfahren aufgerührt und mit einer Pumpe in einem Pumpensumpf in Tankwagen gepumpt.

Da bei Ställen mit Vollspaltenboden weder Einstreu- noch Entmistungsarbeiten anfallen, besteht hier der geringste Arbeitszeitbedarf. Allerdings ist dieses Verfahren

farms. The animal / feeding place ratio is generally 1:1. In houses where the animals change pens during fattening, two different pen sizes are necessary. For reasons of labour management, however, it has become rather uncommon to change pens.

In order to improve lying surface quality and footing on fully slatted floor pens, slatted floor elements with a rubber cover are used on 50% of the pen area (**Fig. 1**). Their disadvantage is insufficient claw abrasion [6]. In fully slatted floor pens, bulls in the final fattening phase are offered a maximum of 3 m² per animal. As the animals are offered larger surfaces, they lie longer in different positions. The risk of injury and soiling decreases, and daily weight increases grow [7; 8].

The liquid slurry produced by the animals is often pumped from the animal house into a pit and from there into the outdoor slurry container [9]. If the slurry is stored in rooms underneath the animal house, it is stirred using a circulation technique and pumped into tankers by a pump in a pump well.

Since houses with a fully slatted floor need neither littering nor demanuring, they cause the lowest worktime requirements. However, this technique is not permitted in organic farming [10]. In converted houses and especially in organic farming, deep litter and stepping dung floor houses with one or two-space pens are used. Group size in such animal houses can reach up to 70 animals [4].

Due to the smaller quantities of straw needed and better labour management conditions, the stepping dung floor house is a cost-effective variant with straw as litter. It offers animal-friendly, healthy housing conditions in combination with the outdoor climate in the open-

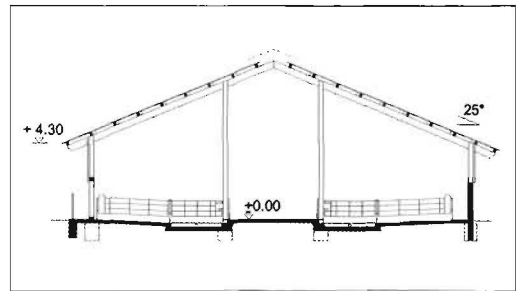


Bild 2: Querschnitt eines Treibmiststalls mit zwei Zweiflächenbuchten und gemeinsam genutztem Futtertisch [9]

Fig. 2: Cross section of a house with stepping dung floor, two two-space pens and a shared feeding passage [9]

für ökologisch wirtschaftende Betriebe nicht zulässig [10]. Bei Umbausituationen und speziell im ökologischen Landbau werden Tiefstreu- und Tretmistställe in Form von Ein- oder Zweiflächenbuchten verwendet. Die Gruppengröße kann in diesen Haltungsverfahren bis zu 70 Tiere betragen [4].

Der Tretmiststall ist aufgrund des geringeren Strohbedarfs und der günstigeren Arbeitswirtschaft eine kostengünstige Variante mit Stroheinstreu und bietet zusammen mit Außenklimabedingungen im Offenfrontstall tiergerechte und gesunde Haltungsbedingungen [11]. Die Funktion des Tretmiststalls ist nur bei ausreichenden Tiergewichten und Belegdichten sichergestellt, weshalb er nicht für Kälber und leichte Tiere zu Mastbeginn geeignet ist.

Bei Zweiflächenbuchten rutscht der Mist am unteren Ende der Liegefläche auf den abgesetzten Fressbereich, der gleichzeitig als Mistachse dient (Bild 2). Der anfallende Festmist wird in der Regel ein- bis zweimal täglich mit Traktor und Schiebeschleife oder mit einer stationären Entmistungsanlage abgeschoben. Bei mobiler Entmistungstechnik werden die Tiere beim Entmisten mit einem Schwenkgitter aus dem Fressbereich ausgesperrt.

Einflächenbuchten haben entweder ein Gefälle zum Futtertisch oder zur außerhalb der Bucht gelegenen Mistachse auf der dem Futtertisch gegenüberliegenden Seite [11] (Bild 3 und 4).

Im Tiefstreustall als Zweiraumlauftstall werden die Liegeflächen täglich mit 5 bis 7 kg Stroh je Tier und Tag eingestreut und meist mit mobiler Entmistungstechnik entmistet. Der im Vergleich zum Vollspaltenbodenstall und auch zum Tretmiststall höhere Arbeitszeitbedarf ist

front house [11]. Proper function of the stepped dung floor house is only guaranteed if animal weights and housing density are sufficient. Therefore, it is not suitable for calves and light animals at the beginning of the fattening period.

In two-space pens, the dung falls onto the separate feeding passage at the end of the lying surface, which also serves as a dung aisle (Fig. 2). The solid manure is generally removed twice a day by a tractor with a pusher blade or a stationary demanuring system. If mobile demanuring equipment is used, a swivelling gate is used to lock the animals out of the eating area during dung removal.

One-space pens either slope towards the feeding passage or the dung aisle outside the pen on the opposite side of the feeding passage [11] (Fig. 3 and 4).

In a deep-litter house as a two-space loose house, the lying surfaces are littered daily with 5 to 7 kg of straw per animal and per day. In general, the dung is removed with the aid of mobile demanuring equipment. The higher worktime requirements in comparison with the fully slatted floor house and the stepping dung floor house are generally a result of the straw quantity and the demanuring technique used [10].

Young fattening animals up to a live weight of 210 kg are reared in temperature-insulated houses and outdoor or open-front houses [12]. In temperature-insulated houses, the animals are reared in compartments arranged in the shape of a comb, which are generally occupied according to the all-in all-out management method. The pen surfaces feature slatted floors often covered with rubber mats in the rear area, which serves as a lying surface. Outdoor climate houses are littered,

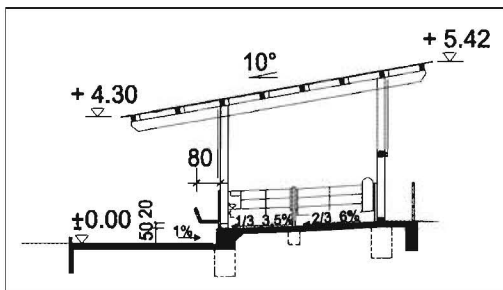


Bild 3: Querschnitt eines Tretmiststalls mit Einflächenbucht. Der Tretmist wird unter der Futterkrippe auf die außen liegende Entmistungsachse getreten [9]

Fig. 3: Cross section of a house with stepping dung floor and one-space pen. The stepping dung is pushed under the manger and onto the dung aisle lying outside [9]

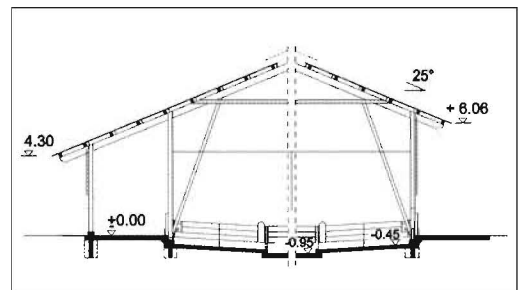


Bild 4: Querschnitt eines Tretmiststalls mit zwei Einflächenbuchten und gemeinsamer Mistachse [9]

Fig. 4: Cross section of a house with stepping dung floor, two one-space-pens and shared dung aisle

im Wesentlichen von der Strohmenge und der Art der Entmistungstechnik abhängig [10].

Die Aufzucht von Fressern bis 210 kg Lebendgewicht erfolgt sowohl in wärmegeämmten Ställen als auch in Außenklima- oder Offenfrontställen [12]. In wärmegeämmten Ställen erfolgt die Aufzucht in kammartig angeordneten Stallabteilen, die meist im Rein-Raus-Verfahren betrieben werden. Die Buchten sind mit Spaltenboden ausgelegt, der im hinteren als Liegefläche dienenden Bereich häufig mit Gummimatten ausgestattet ist. Außenklimaställe werden eingestreut, wodurch den Tieren ein hoher Liegekomfort geboten wird. Vor allem in der Schweiz wird die Haltung von Mastbulen in Liegeboxenlaufställen diskutiert, um den Tieren einen weichen Liegebereich zur Verfügung stellen zu können und um im Vergleich zu Tretmiststall und Tiefstreustall Einstreu einzusparen [13].

Der Flächenbedarf in den verschiedenen Stallsystemen ist abhängig von Aufstellungsart und Lebendmasse. Durch die notwendige Fressplatzbreite und den erforderlichen Platzbedarf ergibt sich die Buchtentiefe [14]. Tränkebecken werden so angeordnet, dass sie ohne Betreten der Bucht kontrolliert und gereinigt werden können. Dazu bietet sich der Einbau in den Buchtentrennwänden an [9; 11].

Auslauf

In der EU-Ökoverordnung (1804/1999) werden für Rinder Ausläufe gefordert, die bei ökologisch wirtschaftenden Betrieben ab 1. 1. 2011 zur Verfügung gestellt werden müssen. Die Verordnung enthält Mindestmaße für Ausläufe. Bei Rindern über 350 kg Lebendgewicht sind mindestens 0,75 m² je 100 kg Lebendgewicht vorzusehen [15]. Umfrageergebnisse zeigen, dass zwar die ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetriebe in der Regel Ausläufe in ihr Stallsystem integriert haben, aber bei den meisten Ställen für Mastrinder Ausläufe bisher noch nicht angeboten werden [16]. Viele Betriebe müssen deshalb in nächster Zeit in Ausläufe mit Bodenbefestigung, Einzäunung und Schaffung zusätzlicher Lagerkapazitäten für Festmist, Jauche oder Flüssigmist investieren. Bei der Entmistung werden in der Regel die gleichen Techniken wie im Stall eingesetzt [17].

Fütterungstechnik für Mastrinder

In der Bullenmast machen die Futterkosten mehr als 50 % der Direktkosten aus. Deshalb bestehen hier die besten Chancen, durch ausgefeilte Rationen und gute Fütterungstechnik Einsparungen zu erzielen [2].

which offers the animals good lying comfort. Especially in Switzerland, the housing of fattening bulls in lying box loose houses is being discussed in order to provide the animals with a soft lying area and to save litter in comparison with stepping dung floor houses and deep litter houses [13].

The area requirements in the different housing systems depend on the housing technique and live mass. Pen depth results from the required feeding place width and the necessary space requirements [14]. Drinkers are arranged such that they can be checked and cleaned without anybody having to enter the pen. The installation of the drinkers in the partition walls between the pens suggests itself for this purpose [9; 11].

Exercise area

The EU directive on organic farming (1804/1999) requires exercise areas for cattle, which must be offered in organic farming as of 1st January 2011. The directive provides minimum measurements for exercise areas. For cattle whose live weight exceeds 350 kg, at least 0.75 m² per 100 kg of live weight must be offered [15]. Survey results show that organic dairy cattle farms have generally integrated exercise areas into their housing systems. Most houses for fattening cattle, however, are not yet equipped with exercise areas [16]. For this reason, many farms will soon have to invest in exercise areas with concrete floors, fences, and additional storage capacities for dung, slurry, or liquid manure. Generally the demanuring techniques applied are the same as in the animal house [17].

Feeding equipment for fattening cattle

Feed expenses account for more than 50% of the direct costs in bull fattening. Therefore, sophisticated rations and good feeding techniques provide optimal chances of cost reduction [2].

In cattle housing, unloading equipment which removes thin layers of forage from the feed stock have largely replaced silo block cutters, at least on farms with larger animal herds. Forage unloading with the aid of cutting or rotating tools pre-loosens the forage. If the forage is distributed using metering rollers, an even, loosened forage strip is deposited at the feed gate. This unloading and distributing technique allows every feeding group to be supplied with the feed quantity required every day [18].

For forage unloading, different techniques are available. With regard to investment costs and current expenses, implements with a tear-off comb are the most cost-ef-

In der Rinderhaltung haben Entnahmegeräte, die dünne Futterschichten aus dem Futterstock entnehmen, Siloblocksneider zumindest bei Betrieben mit größeren Tierbeständen weitestgehend verdrängt. Die Entnahme des Futters mit Schneid- oder Fräswerkzeugen lockert das Futter vor. Durch das Verteilen des Futters mit Hilfe von Dosierwalzen wird ein gleichmäßiger und aufgelockerter Futterstreifen am Fressgitter vorgelegt. Mit der Entnahme- und Verteiltechnik ist es möglich, jede Futtergruppe leistungsgerecht mit der täglich benötigten Futtermenge zu füttern [18].

Für die Futterentnahme stehen verschiedene Techniken zur Verfügung. Geräte mit Reißkamm stellen hinsichtlich der Investitionskosten und der laufenden Kosten die preisgünstigste mechanisierte Lösung der Futterentnahme und -vorlage dar. Mit Schneidschildern als Schneideinrichtung an hydraulischen Auslegern werden bei allen Silagearten glatte, feste Anschnittflächen erreicht. Für die Entleerung und Futteraustrag werden überwiegend Kratzböden in Kombination mit Austragwalzen und bei Anhängergeräten zusätzliche Querförderbänder verwendet.

Der Futtermischwagen ist für Betriebe mit größeren Herden und verschiedenen Futterkomponenten eine bedeutende und ernährungsphysiologisch notwendige Fütterungstechnologie geworden. Auf dem Markt setzen sich zunehmend Futtermischwagen mit vertikalem Mischsystem durch. Aus Sicht der Arbeitssicherheit ist ein höherer Arbeitsschutz gewährleistet, weil ein un-

effektive mechanized solution for the unloading and dispensing of forage. Cutting blades on hydraulic booms as a cutting system provide smooth, firm cutting surfaces in all kinds of silage. For emptying and forage unloading, largely scraper floors in combination with unloading rollers and (in towed implements) additional cross conveyor belts are used.

The feeder-mixer wagon has become an important, nutrition-physiologically necessary feeding technology on farms with larger herds and different feed components. Feeder-mixer wagons with a vertical mixing system are more and more establishing themselves on the market. Under the aspect of work safety, better work protection is guaranteed because uncontrolled access to running mixing tools is not possible. In the version without a belt, the opening flaps belong in the transition from the bulged to the vertical container wall. Since vertical mixers feature a relatively high construction as the container volume grows, two augers are used for larger container volumes.

Feeder-mixer wagons with a throw blower as a distributor are particularly suitable for farms which use the solid manure technique and litter. In combination with a larger volume, the fan and the swivelling discharge unit can provide mixing effects based on a blow mixing technique. These implements allow grass and maize silage as well as other feed components to be loaded into the wagon while mixing them gently. This technique is suitable for specialized cattle fattening farms with

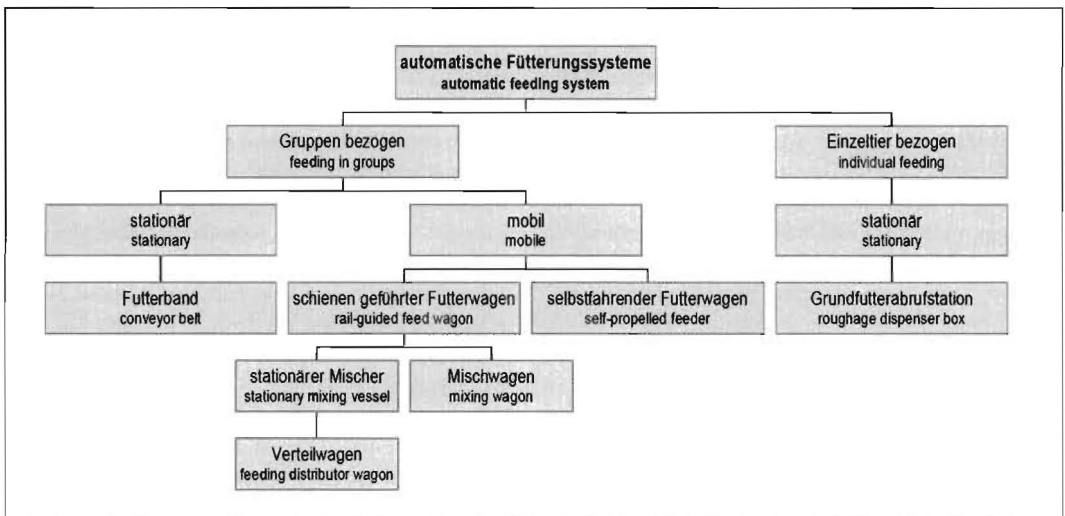


Bild 5: Systematik der automatischen Fütterungssysteme [21]

Fig. 5: Concepts of automatic feeding systems [21]

kontrollierter Zugriff auf die laufenden Mischwerkzeuge nicht möglich ist. In der Ausstattung ohne Band gehören die Öffnungsklappen in den Übergang von der bauchigen zur senkrechten Behälterwand. Da mit zunehmendem Behältervolumen die Vertikalmischer relativ hoch bauen, werden bei größerem Behältervolumen zwei Schnecken verwendet.

Futtermischwagen mit Wurfgebläse als Verteilgerät sind besonders für Betriebe mit Festmistverfahren und Einstreu geeignet. In Kombination mit größeren Volumen bieten sie die Möglichkeit, mit dem Gebläse und dem drehbaren Auswurf über eine Umblastechnik Mischeffekte zu erzielen. In diesen Geräten können neben Gras- und Maissilage auch andere Futterkomponenten eingefüllt und schonend gemischt werden. Diese Technik passt in spezialisierte Rindermastbetriebe mit Tretmistaufstallung, weil damit vom Futtertisch aus die Liegeflächen eingestreut werden können [18].

Selbstfahrende Futtermischwagen werden vor allem in größeren Betrieben und überbetrieblich eingesetzt. Hier geht der Trend zum hydraulischen Antrieb der Mischsysteme, die variabel einzuschalten sind. Da das Futter durch die Fräse schon aufgelöst ist, führt diese Entwicklung zu noch schonenderen Mischungen [18].

Um eine optimale Mischration mit Futtermischwagen herzustellen, ist ein Wiegesystem mit ausreichender Genauigkeit notwendig. Tests zeigen, dass teilweise Abweichung von mehr als 10 % pro Füllung auftreten können [19].

Durch Automatisierung der Fütterung wird Arbeitszeit eingespart und der Fütterungsvorgang kann flexibel an die Bedürfnisse der Tiere hinsichtlich Fütterungszeitpunkt, Menge und Ration angepasst werden. Als Fütterungssysteme kommen schienengeführte Fütterungsanlagen, Futterbänder oder Selbstfahrer, die über Induktionsschleifen geführt werden, in Frage (Bild 5). Automatisierte Fütterungssysteme benötigen im Stall weniger Platz als befahrbare Futtertische [20]. Sie sind allerdings mit hohen Anschaffungskosten verbunden. Eine deutliche Reduzierung des Arbeitszeitbedarfs im Vergleich zum konventionellen Futtermischwagen ist erst bei größeren Herden zu erwarten [21; 22].

Einstreutechnik

Für den spezialisierten Rinderhalter bieten viele Hersteller Geräte zum Auflösen und Verteilen von Rund- und Quaderballen von Stroh, Heu und Grassilage an. Je nach Ausstattung ist eine selbsttätige Aufnahme der Ballen möglich. Eine Kratzbodenkette sorgt für die Rotation oder Transport des Ballens. Abstreiferwellen oder

stepping dung floor houses because the lying surfaces can be littered from the feeding passage [18].

Self-propelled feeder-mixer wagons are primarily used cooperatively and on larger farms. Here, the trend is favouring the hydraulic drive of the mixing systems, which can be turned on variably. Since the forage has already been dissolved by the rotary cutter, this development leads to even gentler mixing [18].

A weighing system with sufficient accuracy is necessary for the feeder-mixer wagon to produce an optimal mixed ration. Tests show that deviations of more than 10% per filling may occur in some cases [19].

The automation of feeding saves worktime, and the feeding process can be flexibly adapted to the needs of the animals with regard to feeding time, quantity, and ration. Railborne feeding systems, feed belts, or self-propelled vehicles guided by induction loops are suitable as feeding systems (Fig. 5). Automated feeding systems require less space in the animal house than feeding passages practicable for vehicles [20]. However, they cause high purchasing expenses. A considerable reduction of the worktime requirements as compared with the conventional feeder-mixer wagon can only be expected in larger herds [21; 22].

Littering equipment

Many manufacturers offer implements for the dissolution and distribution of round and square bales of straw, hay, and grass silage for the specialized cattle keeper. Depending on their equipment, they can pick up the bales automatically. A scraper floor chain is used for bale rotation or transport. Stripper shafts or spreading discs distribute the litter or deposit the loosened forage. This technique is suitable for farms where the littered area is practicable for vehicles [23].

If a multispeed throw blower is installed instead of the cross conveyor belt, larger spreading ranges of up to 20 m can be reached. Hydraulically adjustable discharge units allow the spreading range and direction to be controlled. Thus, a complete animal house can be littered precisely from the feeding passage. The dust load is high depending on straw quality and the spreading range [23].

In a few cases, stationary systems are used to litter certain barn areas. These systems are railborne or spread the straw directly in the litter area via a pipe system, which keeps dust development low [24].

Streuscheiben verteilen die Einstreu oder legen das Futter aufgelockert ab. Diese Technik passt in Betriebe, bei denen die eingestreute Fläche befahrbar ist [23].

Wird an die Stelle des Querförderbandes ein Wurfgebläse mit umschaltbarer Geschwindigkeit installiert, können größere Wurfweiten bis zu 20 m erreicht werden. Über hydraulisch verstellbare Krümmen lassen sich Wurfweite und Richtung steuern. Ein kompletter Stall kann damit gezielt vom Futtertisch aus eingestreut werden. Je nach Strohqualität und Wurfweite ist die Staubbelastung hoch [23].

Zum Einstreuen bestimmter Stallbereiche werden vereinzelt stationäre Anlagen eingesetzt, die schienengeführt sind oder über ein Rohrsystem die Einstreu mit geringer Staubentwicklung direkt im Einstreubereich abwerfen [24].

Tierüberwachung

In der Mutterkuhhaltung und zum Teil auch in der Mastbullenhaltung kann insbesondere im Rahmen von Markenfleischprogrammen oder speziellen Vermarktungswegen zur Nachverfolgung sowie zur Selektion von Einzeltieren eine elektronische Tierkennzeichnung mit Hilfe elektronischer Ohrmarken genutzt werden [25; 26]. Werden Injektate zur elektronischen Tierkennzeichnung mit Temperatursensoren kombiniert, besteht die Möglichkeit, die Körpertemperatur berührungslos zu messen und daraus Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand der Tiere zu ziehen [27].

Animal monitoring

Electronic animal identification with the aid of electronic ear marks can be used in mother cow husbandry and sometimes also in fattening bull husbandry for tracing and the selection of individual animals especially in brand meat programmes or as part of special marketing channels [25; 26]. If injectates for electronic animal identification are combined with temperature sensors, they allow for contactless body temperature measurement, which enables conclusions on animal health to be drawn [27].

Literatur / Bibliography

- [1] *Brüggemann, D., und C. Deblitz:* Rindfleischerzeugung – Wirtschaftliches Standbein oder Risiko für unsere Betriebe? Eine Analyse vor dem Hintergrund internationaler Wettbewerbsfähigkeit. DGFZ-Schriftenreihe (2009), H. 54, S. 40-59
- [2] *Tempelmann, A.:* Eine Nische für Spezialisten. Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe 164 (2009), H. 30, S. 46-48
- [3] *Deblitz, C., J. Brömmer und D. Brüggemann:* Beef production in Germany – production systems and their spatial distribution (Rindfleischproduktion in Deutschland – Produktionssysteme und räumliche Verteilung). Landbauforschung Völknerode 58 (2008), H. 1+2, S. 39-44
- [4] *Brömmer, J.:* Produktionssysteme, räumliche Verteilung und Struktur der Rindermast in Deutschland – eine expertengestützte Analyse. Diplomarbeit Fachhochschule Osnabrück. www.agribenchmark.org/beef_results_project_list.html, Zugriff 27. 5. 2010
- [5] *Hörnig, B., et al.:* Status quo der ökologischen Rinderhaltung in Deutschland. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 1.-4. März 2005. Verlag Kassel University Press, Kassel, 2005, S. 355-356
- [6] *Friedl, K., et al.:* Gummimodifizierte Betonspaltenböden für Mastrinder: Auswirkungen auf das Liegeverhalten, auf die Veränderungen der Haut im Bereich der Gelenke und auf die Klauengesundheit. Tagungsband zur 7. Tagung

- Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 1.-3. März 2005, Braunschweig, 2005, S. 109-114
- [7] *Wechsler, B., R. Siegwart und L. Gygas*: Auswirkungen des Flächenangebotes auf das Verhalten, die Verschmutzung und die Leistung von Mastbullen in Buchten mit gummierten Spaltenböden. Tagungsband zur 7. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 1.-3. März 2005, Braunschweig, 2005, S. 180-185
- [8] *Wechsler, B., R. Siegwart und L. Gygas*: Erhöhung des Flächenangebotes für Mastmünis - Auswirkungen auf das Verhalten, die Verschmutzung und die Tageszunahmen. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (Hrsg.), 2006, ART-Bericht Nr. 652
- [9] *Simon, J., und F. Freiberger*: Haltungsformen für Mastrinder I – Ställe mit Vollspaltenboden. ALB-Bayern, 2007, Arbeitsblatt 02.04.11
- [10] *Riegel, M., M. Schick und W. Hartmann*: Arbeitszeitbedarf in der Rinderhaltung. Landtechnik 64 (2009), H. 5, S. 363-366
- [11] *Simon, J., F. Freiberger und P. Mattern*: Haltungsformen für Mastrinder II – Tretmistställe. ALB-Bayern, 2007, Arbeitsblatt 02.04.12
- [12] *Freiberger, F., und P. Mattern*: Ställe für Fresser. ALB-Bayern. 2008, Arbeitsblatt 02.04.14
- [13] *Schulze Westerath, H., et al.*: Der Liegeboxenlaufstall für Mastmünis – Baulösungen, Investitionen und Gestaltungshinweise. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (Hrsg.), 2006, ART-Bericht Nr. 649
- [14] -, Faustzahlen für die Landwirtschaft. 14. Auflage, KTBL, Darmstadt, 2009, S. 727
- [15] -, Verordnung (EG) Nr. 889/2008 des Rates. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften. 18.09.2008. S. 1-84, L250/1
- [16] *Hörning, B., und G. Trei*: Auslaufbewirtschaftung in der Rinder- und Schweinehaltung. Zwischen Tradition und Globalisierung. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 20.-23. März 2007, Universität Hohenheim. Verlag Dr. Köster, Berlin, 2007
- [17] *Schick, M., et al.*: Arbeitszeitbedarf für die Bewirtschaftung von Milchviehlaufställen. Zwischen Tradition und Globalisierung. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 20.-23. März 2007, Universität Hohenheim. Verlag Dr. Köster, Berlin, 2007
- [18] *Gerighausen, H.-G., und H. Cielejewski*: Moderne Verfahren der Grundfüttervorlage. Internetauftritt der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. www.landwirtschaftskammer.de. Zugriff 25. Mai 2010
- [19] *Gjøsden, M. U.*: Weighing system for TMR-mixers. Tagungsband zur 7. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 1.-3. März 2005, Braunschweig, 2005, S. 511-516
- [20] *Grothmann, A., und F. Nydegger*: Automatische Fütterung von Rindvieh – Ergebnisse einer Erhebung zum Stand der Technik. Tagungsband zur 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 21.-23. September 2009, Berlin, 2009, S. 511-516
- [21] *Grothmann, A., et al.*: Automatische Fütterungssysteme (AFS). Landtechnik 65 (2010), H. 2, S. 129-131
- [22] *Nydegger, F., und A. Grothmann*: Automatische Fütterung von Rindvieh – Ergebnisse einer Erhebung zum Stand der Technik. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (Hrsg.), 2010, ART-Bericht Nr. 710
- [23] *Gerighausen, H.-G.*: Technik der Grobfuttervorlage bei Jungrindern und Mastrindern. Internetauftritt der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. www.landwirtschaftskammer.de. Zugriff 26. März 2010
- [24] -, <http://www.schauer.co.at/de/stalleinrichtung/stroh-matic>, Zugriff 26. Mai 2010
- [25] *Georg, H., G. Ude und A. Schwalm*: Neue Aspekte zur elektronischen Tierkennzeichnung – Teil 1. Landtechnik 63 (2008), H. 3, S. 174-175
- [26] *Georg, H., G. Ude und A. Schwalm*: Neue Aspekte zur elektronischen Tierkennzeichnung – Teil 2. Landtechnik 63 (2008), H. 4, S. 232-233
- [27] *Ude, G., H. Georg und A. Schwalm*: Elektronische Tierkennzeichnung bei Bullenkälbern mit Injektaten und Temperatursensoren. Landtechnik 65 (2010), H. 1, S. 31-32

12.3 Technik in der Schweinezucht

Machinery and Techniques in Pig Breeding

W. Pflanz und Stephanie Knoop, Boxberg

Situation

Im März 2010 trat erstmals eine Ausführungsverordnung zur aktuellen Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung im Rahmen eines Länderelasses in Niedersachsen [1] in Kraft und dient als Vorlage auch für weitere Bundesländer [2]. Der Erlass soll dazu dienen, strittige Auslegungen in der Verordnung klarer zu definieren, wie etwa die Bodengestaltung in Einzelhaltung von Sauen im Deck- und Abferkelbereich [3]. Die Begleitung der praktischen Umsetzung von den gesetzlichen Vorgaben zur Gruppenhaltung tragender Sauen bis zum 31. 12. 2012 auf den Betrieben ist eine der Hauptaufgaben für Wissenschaft, Beratung und Verwaltung. Eine Umfrage in Baden-Württemberg zeigte, dass noch nicht einmal 50 % der Ferkelerzeugerbetriebe ihr Haltungssystem bisher umgestellt haben [4]. National wird ein ähnlicher Prozentsatz geschätzt, es wird befürchtet, dass mit dem Umstellungsdatum eine große Anzahl von Ferkelerzeugern ihre Produktion einstellen und somit nationale Marktanteile in der Ferkelproduktion verloren gehen.

Verbesserung der Fundament- und Klauengesundheit

Insbesondere die Klauen- und Fundamentgesundheit der Zuchtsauen rückt durch die Einführung der Gruppenhaltung tragender Sauen immer mehr in den Fokus, da Fundament- und Klauenprobleme oft die Abgangursache sind [5]. Die Klauenprobleme sind sehr vielfältig. Veränderungen am Ballen können in vielen verschiedenen Stufen auftreten und auch Klauenrisse sind in jeder Ausprägung zu finden [6]. Verletzungen von Klauen und Afterklauen entstehen oft durch Rankkämpfe oder bei Verdrängungen im Fressbereich auf hartem, perforiertem Boden. Bei Rankkämpfen auf weichem Boden ist die Verletzungsgefahr deutlich geringer [7]. Untersuchungen zeigen, dass schon ein weicherer Untergrund im Liegebereich wie etwa Gummimatten (**Bild 1**) die Klauengesundheit der Sauen verbessern kann. Allerdings ist zu beachten, dass neben den Haltungsbedingungen auch Faktoren wie Nährstoffversorgung, Genetik, Management einen großen Einfluss auf die Klauengesundheit haben [8]. Verbesserte Haltungs- und Managementbedingungen stehen bei der Vermeidung

Situation

In March 2010, the first state decree implementing the current animal protection / farm animal housing decree went into effect in Lower Saxony [1]. This decree also serves as a model for similar decrees in other federal states [2]. The decree is intended to provide a clearer definition of contentious interpretations of the decree, such as those regarding floor design in individual compartments for sows in the mating and farrowing area [3]. Counselling and supervision during the practical implementation of legal requirements governing the group housing of pregnant sows on farms, which must be completed by 31st December 2012, is one of the main tasks of science, counselling services, and the authorities. A survey in Baden-Württemberg showed that not even 50% of the piglet producers have changed their housing system so far [4]. The estimated percentage at the national level is the same, and there are fears that a large number of piglet producers may quit production when the changeover deadline expires, which would lead to a loss of national market shares in piglet production.

Improvement of foundation and claw health

Due to the introduction of group housing for pregnant sows, especially the claw and foundation health of breeding sows is attracting more and more attention because foundation and claw problems are important reasons for mortality [5]. Claw problems include a wide variety of symptoms. Claw conditions may occur at many different stages, and claw rips can also be found at any degree of severity [6]. Claw and dew-claw injuries are often caused by dominance fights or competitive aggression in the eating area on a hard, perforated floor. On a soft floor, the danger of injuries during dominance fights is considerably lower [7]. Studies show that a softer floor cover in the lying area, such as rubber mats (**Fig. 1**), is sufficient to improve the claw health of the sows. However, one must take into consideration that not only the housing conditions, but also factors like nutrient supply, genetics, and management have a great influence on claw health [8]. Improved housing and management conditions are the



Bild 1: Gummimatten im Liegebereich von Sauen in Gruppenhaltung

Fig. 1: Rubber mat in the lying area of sows in group housing

von fundamentbedingten Sauenabgängen vorne an [5]. Generell wird das Verletzungsrisiko jedoch nicht nur von den Fußbodeneigenschaften, sondern auch in hohem Maße von der Konstitution und Kondition der Tiere sowie von Management und anderen haltungs- und klimatechnischen Gegebenheiten beeinflusst [9]. Auch gibt der Aufbau der Klaue Hinweise zur Verbesserung der Nährstoffversorgung. So kann durch die Fütterung unterstützend eine Stabilisierung der Klauengesundheit erzielt werden [10].

Reduzierung Saugferkelverluste

Die Fruchtbarkeitsleistungen der Zuchtsauen sind durch intensive Zuchtarbeit in den letzten Jahren enorm angestiegen, so werden im Durchschnitt der Erzeugerringe in Deutschland aktuell 11,8 Ferkel pro Wurf lebend geboren [11]. Neben der Fruchtbarkeitsleistung rückt nun die Reduzierung der Saugferkelverluste in den Focus der züchterischen wie verfahrenstechnischen Bearbeitung. Aktuell intensiv diskutierte Themen in der Ferkelerzeugung sind hierbei: die Aufzucht der immer größer werdenden Würfe mit Hilfe technischer Ammen (**Bild 2**), eine bestmögliche Gestaltung des Abferkelbereichs und des Geburtsmanagements sowie eine Optimierung der Sauenversorgung. Der Wurfausgleich ist eine Methode, Saugferkelverluste zu mindern, da die Sauen in der Regel kaum in der Lage sind, mehr als zwölf Ferkel aufzuziehen [12]. Voraussetzung dafür sind ein Produktionsrhythmus und unterschiedliche Wurfgrößen. Natürliche sowie technische Ammen (**Bild 2**) können dazu beitragen, weiter überzählige Ferkel großzuziehen. Ein weiterer Ansatz ist die Milchbeifütterung an der Sau. Das Zufüttern von Ferkelmilch kann ebenfalls zur Effizienz-

main prerequisites for the avoidance of foundation-related sow mortality [5]. In general however, the risk of injuries is influenced not only by the floor properties, but to a large extent also by the constitution and the condition of the animals as well as management and other housing and climate-technical conditions [9]. In addition, the claw structure also indicates improvement potential in nutrient supply. Thus, feeding can support the stabilization of claw health [10].

Reduction of nursing piglet losses

The fertility performance of breeding sows has increased enormously due to intensive breeding in the past years. Currently, an average of 11.8 live piglets per litter are born in the piglet producer rings in Germany [11]. In addition to fertility performance, attention in breeding and process technology is now focusing on the reduction of nursing piglet losses. The following topics are currently being intensively discussed in piglet production: the rearing of increasingly larger litters with the aid of technical nurses (**Fig. 2**) as well as the optimization of the farrowing area, birth management, and sow care. Litter equalization is a method of reducing nursing piglet losses because the sows are generally hardly able to rear more than 12 piglets [12]. This requires a production rhythm and different litter sizes. Natural and technical nurses (**Fig. 2**) can also contribute to the care of an excess number of piglets. Another approach is supplementary milk feeding at the sow. The supplementary feeding of piglet milk can also contribute to an efficiency increase in piglet production under the conditions of constantly growing litter sizes [13]. Nest temperature must continuously be adapted to the



Bild 2: Künstliche Amme bei Saugferkeln

Fig. 2: Technical nurse for nursing piglets

steigerung in der Ferkelerzeugung unter den Bedingungen weiter wachsender Wurfgrößen beitragen [13]. Die Nesttemperatur ist kontinuierlich den realen Bedürfnissen der wachsenden Ferkel anzupassen. Das dient nicht nur der Gesundheit und dem Wohlbefinden der Ferkel, sondern senkt auch den Energieverbrauch im Abferkelbereich [14]. In der Versorgung der laktierenden Sau sind vor allem die Körperreserven ein wichtiger Faktor. Eine optimale Aufzuchtleistung zeigt sich bei einer Mobilisierung von 1 bis 1,5 mm Rückenspeck je Säugewoche [15]. Eine frühzeitige Gruppierung von Ferkeln schon in der Sägezeit kann dazu beitragen, Belastungen durch das Absetzen zu reduzieren [16]. Die Kontaktmöglichkeit zwischen den Ferkeln durch eine Tür zwischen benachbarten Abferkelbuchten zeigte positive Effekte auf Aggressionen, Rankämpfe und Hautverletzungen sowie auf die Lebensstageszunahmen [17]. Die Zusammenstellung einer Ferkelgruppe von untereinander bekannten Tieren in der Aufzucht reduziert die Auseinandersetzungen und den Verletzungsgrad signifikant [18].

Tierschutz bei Saugferkeln

Die Diskussion über Alternativen zur betäubungslosen chirurgischen Kastration von männlichen Ferkeln geht weiter. In ersten Untersuchungen der Landwirtschaftskammer NRW zur Ebermast wachsen die unversehrten männlichen Tiere schneller als die weiblichen Tiere und haben eine bessere Futterverwertung. Der Fleischanteil der Eber ist geringer. Auffällig hinsichtlich Geruchsabweichungen waren 10,6 % der Proben [19]. Einen Einfluss auf die analysierten Androstenon- und Skatolgehalte zeigte die Haltungsform. So waren die Werte bei einzeln gehaltenen Tieren doppelt so hoch wie bei den Tieren in Gruppenhaltung. Die Hodengewichte der Eber in Einzelhaltung waren um 11 % höher. Über die gesamte Mastperiode betrachtet waren die mit einer GnRH-Vacczine behandelten Schweine (Immunokastriert) aktiver, jedoch nicht aggressiver als die Vergleichsgruppe [20]. Die Nutzung der Inhalationsnarkose (Bild 3) für die Kastration der Ferkel bedingt negative Auswirkungen auf die Koordinationsfähigkeit der Tiere in einem Zeitraum nach dem Eingriff. Eine verminderte Stabilität der Saugordnung kann Auslöser für Kämpfe zwischen den Ferkeln sein und zu einer reduzierten Milchaufnahme führen [21]. Insbesondere die stark umstrittene CO₂-Narkose verursacht ein beträchtliches Maß an stressassoziierter Mehrbelastung und kann daher keine Schmerz- und Stressfreiheit erzielen. Die CO₂-Narkose wird deshalb den Ansprüchen an eine Narkose nicht

real needs of the growing piglets. This not only improves the health and well-being of the piglets, but also reduces energy consumption in the farrowing area [14]. Especially the body reserves are an important factor in the feeding of the lactating sow. Optimal rearing performance is reached if 1 to 1.5 mm of back fat per nursing week is mobilized. Early piglet grouping during the nursing period can contribute to the reduction of weaning stress [16]. The possibility of contacts between piglets through a door between neighbouring farrowing pens showed positive effects on aggression, dominance fights, and skin lesions as well as weight increase per life day [17]. If piglets which know each other are grouped together during rearing, fights and the degree of injuries can be reduced significantly [18].

Animal protection for nursing piglets

The discussion about alternatives to the surgical castration of male piglets without anaesthesia is continuing. Initial studies of the Chamber of Agriculture of North-Rhine Westphalia on boar fattening showed that the unharmed male animals grew faster than the females and utilized feed better. The meat share of the boars is smaller. 10.6% of the samples showed noticeable odour deviations [19]. The kind of housing showed an influence on the analyzed androstenone and skatole contents. The values measured in animals housed individually were twice as high as in animals kept in groups. The testicle weights of boars in individual housing were 11% higher. Considered over the entire fattening period, the (immunocastrated) piglets treated with a GnRH vaccine were more active, though not more aggressive than the reference group [20]. The use of inhalation



Bild 3: Inhalationsnarkose bei männlichen Ferkeln
Fig. 3: Inhalation anaesthesia for male piglets

gerecht [22]. Die Gabe eines schmerzstillenden, entzündungshemmenden Mittels zur Kastration der Saugferkel ist in Deutschland das Mittel der Wahl im Rahmen der freiwilligen Selbstverpflichtung, kontrolliert im QS-System. Der Einsatz verursacht Arzneikosten von etwa 10 Cent je Ferkel [23].

Neben der Ferkelkastration rückt nun auch das Schwanzkupieren in den Blickpunkt des Tierschutzes. Handlungsempfehlungen auf europäischer Ebene sollen entwickelt werden [24]. Tierschützer drängen auf ein generelles Verbot des Schwanzkürzens. Da diese Maßnahme allerdings der Reduzierung von Schwanzbeißen dient und hier noch großer Forschungsbedarf besteht, käme ein generelles Kupierverbot nach Ansicht vieler Experten zu früh [25]. Die niedersächsische Ausführungsverordnung zur Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung [1] bekräftigt, dass das Kürzen der Schwänze nicht routinemäßig, sondern nur zum Schutz der Tiere durchgeführt werden darf. Zuvor müssen mögliche Einflussfaktoren wie Belegdichte, Klima, Lärm, Haltungstechnik und Beschäftigungsmaterial überprüft werden. Eine Neuerung der Ausführungsverordnung ist die Festlegung auf eine zulässige Kürzung von maximal einem Drittel, zwei Drittel des Schwanzes müssen also unverändert bleiben.

anaesthesia (**Fig. 3**) for piglet castration causes negative influences on the coordination abilities of the animals during a certain period after the surgery. Lower stability of the nursing order can lead to fights between the piglets and reduced milk intake [21]. Especially the highly controversial CO₂ anaesthesia causes a considerable amount of additional stress associated with mental stress factors. Therefore, it cannot guarantee freedom from pain and stress. For this reason, CO₂ anaesthesia does not meet the demands to be fulfilled by anaesthesia [22]. Under the rules of voluntary self-obligation controlled in the QS-system, the application of an analgesic, anti-inflammatory drug for nursing piglet castration is the method of choice in Germany. Its use causes drug expenses of approximately € 0.10 per piglet [23].

In addition to piglet castration, animal protection is now focusing on tail cutting. Recommendations regarding this practice are intended to be formulated at the European level [24]. Animal protection activists demand a general tail shortening ban. Since this measure serves to reduce tail biting and a great need for research still exists in this field, however, many experts believe that a general tail shortening ban would come too early. The decree implementing the animal protection / farm animal housing decree in Lower Saxony [1] confirms that tail shortening may not be a routine measure, but that it is permitted only in order to protect the animals. Before, potential influencing factors, such as housing density, climate, noise, housing technique, and occupational material must be examined. As a new rule, the implementing decree provides that the tail may be shortened by no more than one third. This means that two thirds of the tail must remain untouched.

Literatur / Bibliography

- [1] Ausführungshinweise zur Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, Abschnitt 5 „Anforderungen an die Haltung von Schweinen“. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung Niedersachsen. Erlass vom 23. 2. 2010
- [2] Janssen, H.: Tierschutz in der Schweinehaltung. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/tier/nav/227/article/13984.html>, 2010
- [3] Tölle, K.-H.: Haltungsvorgaben für Schweine. Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe 165 (2010), H. 17, S. 48
- [4] Happel, J.: Wo steht Baden-Württemberg bezüglich der Gruppenhaltung trächtiger Sauen? Masterarbeit, Universität Hohenheim, 2010
- [5] Hilgers, J., und U. Hühn: Sauenabgänge im Visier. dlz primus 60 (2009), H. 9, S. 12-17
- [6] Tölle, K.-H., und C. Mayer: Ursachen, Vorbeugung und Klauenpflege. Landpost 64 (2009), H. 39, S. 39-41
- [7] Hahn, B.: Vergleich zweier Wartesysteme im Hinblick auf die Klauengesundheit. Versuchsbericht Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg, 2010
- [8] Knoop, S.: Weniger Klauenschäden durch Gummimatten im Liegebereich. Versuchsbericht Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg, 2009
- [9] Borell von, E., und K. Huesmann: Anforderungen an den Stallboden. KTBL-Heft 77, Darmstadt, 2009
- [10] Schäfer, A.: Klauenschäden – Wie kann die Fütterung helfen? Schweinezucht aktuell 35 (2009), S. 56-57
- [11] Schulz, K.: Kostenvorteile in größeren Beständen – Die Erzeugerringe im ZDS geben einen Überblick zum Leistungsstand der deutschen Schweineproduktion. SUS 57 (2009), H. 6, S. 67-68
- [12] Schön, A., und C. Dierks: Wurfausgleich-Praxiserfahrungen. Lwk Niedersachsen, 2010
- [13] Maßfeller, M., und J. Hilgers: Trinkgelage für Saugferkel. dlz primus 61 (2010), H. 5, S. 18-21
- [14] Van Caenegem, L., und R. Dörfler: Ferkelnester im Vergleich. ART-Berichte, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 2008
- [15] Meyer, E.: Hohe Leistungen brauchen Reserven! Bericht Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Sachsen, 2010
- [16] Jais, C.: Gruppenhaltung von Saugferkeln aus fünf verschiedenen Würfen, Einzelhaltung der Muttersauen – ein Modell für die Praxis? Versuchsbericht Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2009
- [17] • Kutzer, T.: Untersuchungen zum Einfluss einer frühzeitigen Kontaktmöglichkeit zwischen Ferkelwürfen auf Sozialverhalten, Gesundheit und Leistung. Dissertation, Universität Gießen, Lauffersweiler Verlag, 2009
- [18] Fels, M., und S. Hoy: Einfluss der Gruppierungsstrategie auf Ausmaß und Auswirkungen von Rangordnungskämpfen bei Absetzferkeln. Versuchsbericht Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Justus-Liebig-Universität Gießen, 2009
- [19] Adam, F., C. Schulze-Langenhorst und L. Bütfering: Düsser Ergebnisse zur Ebermast, 2009
- [20] Baumgartner, J., und F. Schmoll: Chirurgisch kastrierte und anti-GnRH-vakzinierter Mastschweine im Verhaltensvergleich 15-17.5; Leipziger Tierärztekongress: 21.-23. 1. 2010, Leipzig, Deutschland. In: Vervuert, I. [Hrsg.]: Leipziger Blaue Hefte: Proceedings 5. Leipziger Tierärztekongress. Leipzig, Leipziger Universitätsverlag (ISBN: 978-3-86583-401-0)
- [21] Schmidt, T., A. König und E. von Borell: Einfluss von Analgesie und Anästhesie auf das Verhalten und die Saugordnung von Ferkeln nach der Kastration. KTBL-Schrift 479, Darmstadt, 2009
- [22] • Mühlbauer, I. C.: Untersuchungen zur Belastung bei der Kastration von Saugferkeln unter CO₂-Narkose. Dissertation, Tierärztliche Fakultät, München, 2009
- [23] Schulze-Horsell, T.: Die Kosten pro Behandlung liegen unter 10 Cent. SUS 57 (2009), H. 2, S. 46
- [24] -: Kurzmeldung top agrar 39 (2010), H. 5
- [25] Arden, M.: Ferkelschwänze: Kupierverbot käme noch zu früh. SUS 57 (2010), H. 3, S. 6-7

12.4 Technik in der Schweinemast

Techniques and Equipment in Pig Fattening

Engel F. Hessel und H. Van den Weghe, Vechta

Einleitung

Die europäische Mastschweinehaltung ist aktuell durch eine gravierende Vergrößerung des Tierbestandes pro Produktionseinheit gekennzeichnet. Daraus ergeben sich aus der Sicht des Managements völlig neue Aufgaben für die Technik. Hierzu zählen neben der Entwicklung von arbeitssparenden und funktionssicheren Halteverfahren die Funktionskontrollen der technischen Anlagen, aber vor allem auch die Gesundheits- und Leistungsüberwachung in den Beständen. Diese Überwachung, wozu heute der Begriff Monitoring verwendet wird, ist Grundlage der passiven Prozesskontrolle sowie der aktiven Prozesssteuerung – dem Precision Livestock Farming. Insbesondere wegen der vielen gesellschaftlich relevanten Ansprüche bedürfen hochspezialisierte Produktionssysteme zukünftig bei rapide wachsenden Beständen zusätzlicher Instrumente zur integrierten Prozesssteuerung, ökonomischen Optimierung und Dokumentation. Der Einsatz von Software und Elektronik zur klassischen Prozesssteuerung und zum Management ist in der Schweinemast etabliert. Da jedoch herstellerepezifische Lösungen noch nicht in jedem Fall miteinander kompatibel sind, stellt die Vernetzung von herstellerepezifischen Systemen wie Lüftungs- oder Fütterungsanlagen, aber auch die Weitergabe der in unterschiedlichen Formaten vorliegenden Daten eine große Herausforderung dar.

Techniken des Monitorings

Monitoring ist der Überbegriff für alle Arten der Online-Erfassung, Beobachtung oder Überwachung von Vorgängen oder Prozessen. Durch die mit Hilfe eines kontinuierlichen Monitorings erfassten Daten wird die präzise, dynamische Steuerung von Prozessen ermöglicht, sofern sich abzeichnet, dass ein Prozess nicht den vorgegebenen Verlauf nimmt. Des Weiteren hat dokumentiertes Monitoring für die Zukunft eine zentrale Bedeutung im Rahmen fortschreitender Anforderungen hinsichtlich der Qualitätskontrolle, der Rückverfolgbarkeit (Traceability) sowie der Dokumentation von Umwelt- und Tierschutzstandards.

War Monitoring ursprünglich als wesentlicher Bestandteil der passiven Prozesskontrolle vorgesehen, so hat

Introduction

Fattening pig husbandry in Europe is currently marked by a significant increase in the number of animals per production unit. From a management viewpoint, this results in entirely new requirements for the equipment. In addition to the development of work-saving and functionally reliable housing techniques, this includes functional checks of the technical systems and above all health and performance monitoring in the herds. This monitoring is the basis of passive and active process control, which is termed precision livestock farming. Especially due to the numerous socially relevant demands and under the conditions of rapidly growing herd sizes, highly specialized production systems will need additional instruments for integrated process control, economic optimization, and documentation in the future. The use of software and electronics for classic process control and management has established itself in pig fattening. Since manufacturer-specific solutions are not yet compatible in all cases, however, the networking of manufacturer-specific systems such as ventilation or feeding installations as well as the transmission of data in different formats are a great challenge.

Monitoring techniques

Monitoring is the generic term for all kinds of online registration, observation, or control of processes. The data collected with the aid of continuous monitoring allow processes to be controlled precisely and dynamically as soon as it becomes clear that a process is not taking the set course. In addition, documented monitoring will be crucial in the future with regard to quality control, traceability, and the documentation of environmental and animal protection standards.

While monitoring was originally planned to be an important element of passive process control, computer-based monitoring has meanwhile developed into an instrument of active control and a central part of numerous control circuits. The successful use of suitable sensors is the most important prerequisite for online monitoring. The low availability of reliable, precisely working sensors has so far been the main obstacle for a wide application of this technology in practice [1].

sich das rechnergestützte Monitoring zum Instrument der aktiven Steuerung und zum zentralen Bestandteil zahlreicher Regelkreise entwickelt. Wesentliche Voraussetzung für ein Online-Monitoring ist der erfolgreiche Einsatz von geeigneten Sensoren. Die geringe Verfügbarkeit von zuverlässig und präzise arbeitenden Sensoren war bisher das Haupthemmnis für eine breite Anwendung dieser Technologie in der Praxis [1].

Monitoring der Gewichtsentwicklung in der Großgruppe mit Sortierschleuse

Ab welcher Gruppengröße von einer Großgruppe gesprochen wird, wird in der Literatur unterschiedlich definiert. Gruppengrößen zwischen 50 und 2.000 Tieren sind laut [2] eine Megagruppe. Nach [3] wird das Halten von 200 bis 400 Tieren als Megagruppe definiert. Bei [4] muss die Gruppengröße zwischen 300 und 600 Tieren liegen, um als Megagruppe bezeichnet zu werden. Da die Mastschweinehaltung als ein primär wachstumsorientierter Prozess gekennzeichnet ist, stellt die Haltung der Tiere in Megagruppen hohe Anforderungen an das Management, insbesondere bei der Beobachtung der Gewichtsentwicklung der Tiere sowie bei der Terminierung des optimalen Vermarktungszeitpunktes. Durch den Einbau einer stationären Sortierschleuse, die Liege- und Aktivitätsbereich vom Fressbereich trennt, ist es möglich, die Gewichtsentwicklung der Tiere kontinuierlich, berührungslos und online zu erfassen. Das individuelle Gewicht der einzelnen Schweine wird bei jeder Schleusenpassage ermittelt und digital erfasst. Mit Hilfe der zugehörigen Software sind die durchschnittlichen täglichen Zunahmen sowie die Gewichtsverteilung der einzelnen Tiere in der Gruppe abzurufen.

Die Software der Sortierschleusen kann zudem Vorhersagen über die zu erwartende Anzahl vermarktungsfähiger Schweine an einem ausgewählten Termin treffen. Für den Einsatz einer Sortierschleuse sprechen laut [2] neben den Vorteilen für die Vermarktung auch folgende Gesichtspunkte:

- die Möglichkeit, Schweine nach ihrem Gewicht zu sortieren und zu füttern
- weniger Stress für die Tiere durch das Wegfallen des manuellen Sortiervorganges
- weniger Arbeit für die Sortierung der Schweine, da die Vermarktungsgruppe bereits zusammengestellt ist
- bessere Platzausnutzung in der Bucht durch das Wegfallen der Kontrollgänge

Neben Sortierschleusen mit integrierten Plattformwaagen werden ebenfalls Schleusen angeboten, die mit Hil-

Monitoring of weight development in a large group with a sorting lock

The minimum size required for a group to be termed a large group is defined differently in the literature. According to reference [2], group sizes between 50 and 2,000 animals are a megagroup. Reference [3] defines the housing of 200 to 400 animals as a megagroup. According to reference [4], group size must range between 300 and 600 animals for the group to be termed a megagroup.

Since fattening pig husbandry is a primarily growth-oriented process, the management requirements for the housing of animals in megagroups are high, especially with regard to the weight development of the animals and the determination of the optimal marketing time. The installation of a stationary sorting lock which separates the lying area from the activity area allows for the continuous, contactless online registration of the weight development of the animals. The individual weight of the pigs is measured and registered digitally every time they pass the lock. The daily weight increases as well as the weight distribution of the individual animals in the group can be called up with the aid of the lock software.

In addition, the software of the sorting locks can predict the number of marketable pigs at a chosen time.

According to reference [2], not only the marketing advantages, but also the following aspects speak in favour of a sorting lock:

- The option to sort and feed pigs based on their weight
- Less stress for the animals because the manual sorting process becomes unnecessary
- Less work during pig sorting because the animals have already been gathered in the marketing group
- Better space utilization in the pen because control passages are no longer required.

In addition to sorting locks with integrated platform scales, locks are offered which measure animal weight with the aid of digital image analysis. For this purpose, the animals are photographed from the bird perspective. The contrast between the pig skin and the environment must be as great as possible for the image processing program to be able to detect the outline of the pig. Pigs which have a very dark skin colour owing to their race (Meishan, Pietrain) or are heavily soiled due to the housing conditions can make weight estimates more difficult because their outlines can no longer be clearly detected [5]. The manufacturers claim

fe der digitalen Bildanalyse das Tiergewicht ermitteln. Hierfür werden die Tiere aus der Vogelperspektive aufgenommen. Damit das Bildverarbeitungsprogramm den Umriss des Schweins klar erkennen kann, muss der Kontrast zwischen der Haut des Schweins und der Umgebung möglichst hoch sein. Schweine, die rassebedingt eine sehr dunkle Hautfarbe haben (Meishan, Pietrain) oder durch Haltungsbedingungen stark verschmutzt sind, können die Gewichtsschätzungen beeinträchtigen, da keine klaren Umrisse mehr zu erkennen sind [5]. Einige bereits auf dem Markt angebotenen Bildanalysesysteme sind laut Hersteller in der Lage, vermarktfähige Schweine durch Gewichtsschätzungen der wertvollen Teilstücke zu selektieren. Dies ist besonders zukunftssträftig, da immer mehr große Schlachtereunternehmen mit einem vollautomatischen Choimometer (Auto-FOM) die Schlachtkörper klassifizieren [6]. In Zukunft ist es vorstellbar, die gewonnenen Daten der Bildanalysesysteme mit einer automatischen Ultraschallmessung zur Rückenspeckdickenerfassung zu kombinieren, um schon am lebenden Tier präzise Informationen von der zu erwartenden Schlachtkörperbewertung zu bekommen. Mit Hilfe dieser Informationen wäre es möglich, bereits im Vorfeld mit Hilfe weiterer Software (zum Beispiel Farmers Friend®) den Schlachthof zu wählen, nach dessen Auszahlungsmaske für die abgelieferten Tiere am meisten gezahlt wird.

Vokalisation und Stressmonitoring

Bei der Vokalisationsanalyse werden die Lautäußerungen der Schweine mit Hilfe von Sensortechniken kontinuierlich „online“ erfasst und spezifischen Bearbeitungsschritten unterzogen. Die so möglichst in Echtzeit

that some image analysis systems currently offered on the market can select marketable pigs by estimating the weight of the valuable cuts. This is a particularly future-oriented technique because more and more large slaughtering companies use a fully automatic choimometer (auto-FOM) in order to classify the carcasses [6]. It will be conceivable in the future to combine the data collected by the image analysis systems with automatic ultrasound measurement for back fat layer measurement in order to obtain precise information about the carcass assessment to be expected while the animal is still alive. With the aid of additional software (e.g. Farmers Friend®), this information would allow the slaughterhouse to be chosen whose payout mask shows that it pays the largest amount for the delivered animals.

Vocalization and stress monitoring

Vocalization analysis means the continuous online recording of the sounds made by the animals with the aid of sensor systems and their processing in specific steps. The data, which should be collected in real time as far as possible, can be integrated into decision processes. The distress call monitoring and documentation unit (STREMODO®) allows distress calls of pigs to be clearly identified. Stremodo is resistant to background noise in the animal house and enables the duration and the time of distress calls to be registered in real time [7]. The system can send an alarm message in real time if the stress level in the animal house is higher than usual. However, one can only draw conclusions about the group, but not about the individual animal.

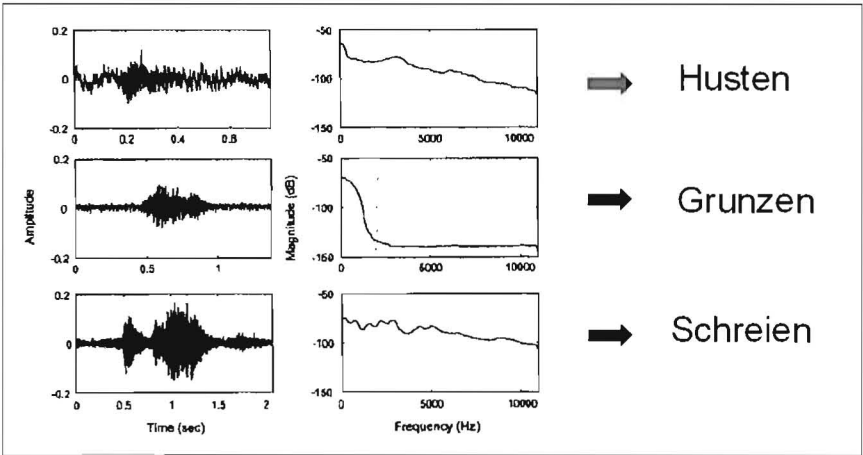


Bild 1: Darstellung verschiedener Laute beim Schwein mittels Signalanalyse [10]
Fig. 1: Description of different pig coughs by means of sound analysis [10]

gewonnenen Daten können dann in Entscheidungsprozesse mit einbezogen werden.

Mit Hilfe der Stressschrei-Monitor- und Dokumentationsseinheit (STREMODO®) können eindeutig Stressschreie von Schweinen identifiziert werden. Stremodo ist unempfindlich gegenüber Störgeräuschen im Stall und erlaubt die automatische Registrierung der Dauer und des Zeitpunktes von Stressschreien in Echtzeit [7]. Eine Alarmmeldung in Echtzeit bei einem erhöhten Stresslevel im Stall ist möglich: Jedoch können nur Rückschlüsse auf die Gruppe und nicht auf das Einzeltier gezogen werden.

Das so umsetzbare Monitoring von Tiergerechtigkeit kann in Zukunft entlang der Produktionskette, insbesondere zur Überwachung des Stressaufkommens beim Transport und am Schlachthof, eingesetzt werden.

Vokalisationsanalyse und Tiergesundheit

Bereits 1989 gab es die ersten Bestrebungen, Hustenlaute bei Schweinen zu quantifizieren. Der Ansatz hatte jedoch die Schwäche, Hustenlaute nicht von anderen Lauten abgrenzen zu können [8]. Eine Gruppe von Forschern an der Universität Leuven in Belgien wandte sich 2001 erneut der Erkennung von Hustenlauten zu. Hustenlaute entstehen, wenn der Körper verhindern will, dass Fremdkörper eindringen oder Fremdkörper sich bereits in den Atemwegen befinden. Auch entzündete und gereizte Atemwege lösen Husten aus [9]. Erkrankungen, die Husten bei Schweinen auslösen, sind vielfältig. Viren (etwa *Influenza-A-Virus*), Bakterien (*Pasteurella multocida*), aber auch Reizung der Atemwege durch schlechte Luft im Stall (durch erhöhte Ammoniak- oder Staubkonzentrationen) fördern Erkrankungen oder

In the future, the animal welfare monitoring technique which can be realized thanks to this system will be able to be applied along the production chain and in particular for the monitoring of distress during transport and in the slaughterhouse.

Vocalization analysis and animal health

The first attempts to quantify coughing sounds in pigs were made in 1989. The weakness of the approach was that the system was not able to distinguish coughing sounds from other sounds [8]. A group of researchers at the University of Leuven in Belgium addressed the detection of coughing sounds again in 2001. Coughing sounds are generated when the body wants to prevent foreign bodies from penetrating into the respiratory system or when foreign bodies are already present in the respiratory tract. An inflamed or irritated respiratory tract also causes coughing [5]. The diseases which lead to coughing in pigs are various. Viruses (e.g. the *influenza A virus*), bacteria (*Pasteurella multocida*), and an irritation of the respiratory tract due to poor air quality in the animal house (caused by elevated ammonia or dust concentrations) promote diseases or are sometimes an immediate cause of respiratory diseases. If a disease of the respiratory tract spreads in the animal house, this often causes significant economic damage for the farm caused by reduced performance, disturbed reproduction, and higher mortality.

Cough classification will develop into a very advantageous system for the monitoring of respiratory diseases in practice. The chance of filtering cough sounds caused by diseases out of the background noise of an animal house in combination with the localization of the

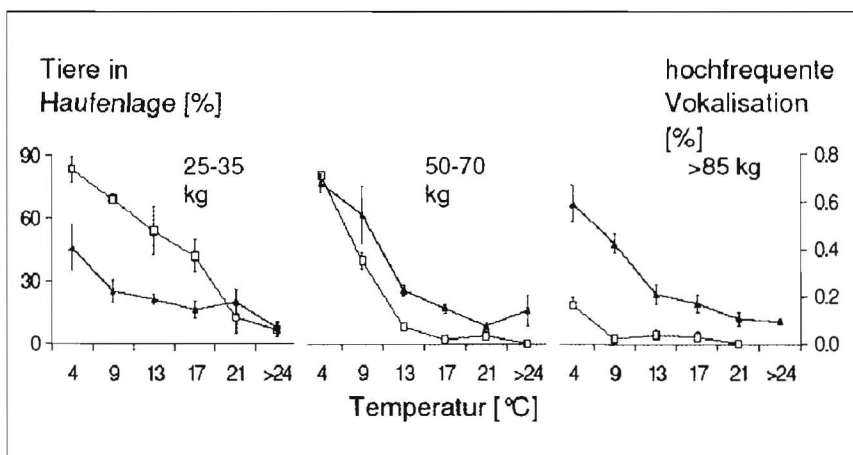


Bild 2: Vokalisation des Schweins verschiedener Altersstufen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur [12]
Fig. 2: Vocalisation of pigs at different ages depending on ambient temperature [12]

lösen mitunter unmittelbar Veränderungen der Atemwege aus. Breitet sich eine Atemwegserkrankung im Stall aus, bedeutet dies für den Betrieb mitunter großen wirtschaftlichen Schaden durch Leistungsabfall, gestörte Reproduktion und eine erhöhte Mortalität. Die Hustenklassifizierung wird sich für die Praxis zu einem sehr vorteilhaften System entwickeln, um die Atemwegsveränderungen zu überwachen. Die Chance der Filterung von krankheitsbedingten Hustenlauten aus der Geräuschkulisse eines Stalles verbunden mit einer Lokalisierung der Laute im Abteil kann dem Tierhalter helfen, Erkrankungen frühzeitig zu erkennen und präventive Maßnahmen gegen eine weitere Ausbreitung zu ergreifen.

Digitale Bildanalyse des Liegeverhaltens

Das Liegeverhalten von Mastschweinen ändert sich sowohl bei zu hohen als auch bei zu niedrigen Temperaturen. Bei zu niedrigen Temperaturen kommt es vermehrt zur Haufenlage. Um möglichst viel Körperwärme bei zu hohen Temperaturen abzuleiten, wählen die Schweine vermehrt die Seitenlage ohne Körperkontakt zu anderen Tieren. Mit Hilfe der digitalen Bildanalyse-Technik (Bild 3) wird es zukünftig ebenfalls möglich sein, anhand des Liegeverhaltens Regelkreise für die Klimasteuerung zu entwickeln [11].

Datenmanagement

Die mit Hilfe eines Online-Monitorings erfassten prozessrelevanten Daten können nicht nur der betriebsinternen Prozesssteuerung dienen, sondern auch für den Datenaustausch mit anderen Partnern genutzt werden.

sounds in the compartment can help the livestock farmer to detect diseases early on and to take preventive measures against further spreading.

Digital image analysis of lying behaviour

The lying behaviour of fattening pigs changes if temperatures are too high or too low. If temperatures are too low, huddling occurs more often. In order to dissipate as much heat as possible when temperatures are too high, the pigs more often lie on their sides without any body contact with other animals. The digital image analysis technique (Fig. 3) will also enable control circuits for climate control based on the lying behaviour to be developed in the future [11].

Data management

The data collected with the aid of online monitoring cannot only be used for farm-internal process control, but also for data exchange with other partners. In order to network data from different control units, a data exchange standard (ISOagriNET) was developed which controls data exchange in livestock farming. With the aid of ISOagriNET, it is possible to network control units from different manufacturers in the animal house, which allows for direct data exchange (cf. chapter 2.2). The data collected in the animal house are also highly useful beyond the level of the individual farm. Pork production is a multistage process. Effective traceability and quality assurance require a system for gapless documentation along the entire value-added chain so that the data collected on the fattening farm can be used beyond the level of the individual operation with the

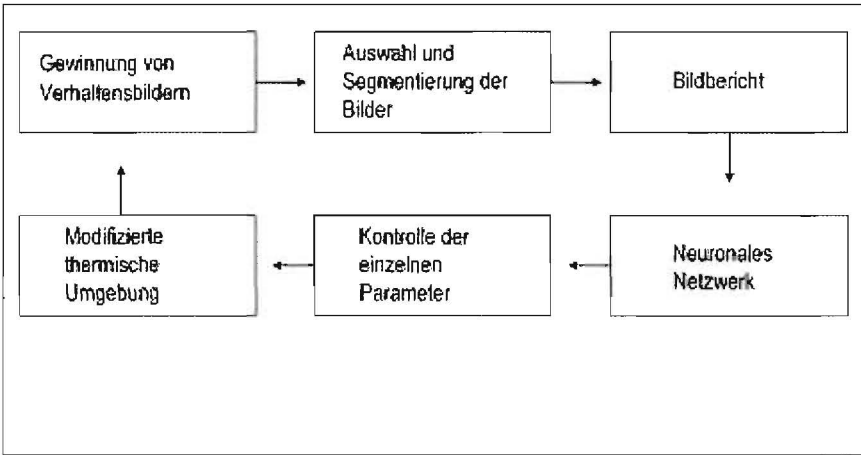


Bild 3: Modell einer verhaltensbasierten Beurteilung des thermischen Komforts wachsender Schweine [11]
Fig. 3: Model of real-time behaviour-based assessment of the thermal comfort of growing pigs [11]

Um Daten verschiedenerer Steuerungseinheiten miteinander zu vernetzen, wurde ein Standard, das ISOagriNET, für den Datenaustausch entwickelt, das den Datenaustausch in der Tierhaltung regelt. Mit Hilfe von ISOagriNET ist es möglich, Steuer- und Regelgeräte verschiedener Hersteller im Stall zu vernetzen, so dass ein direkter Datenaustausch ermöglicht wird (siehe Kap. 2.2).

Auch überbetrieblich kommt den im Stall gewonnenen Daten ein großer Nutzen zu. Die Erzeugung von Schweinefleisch ist ein mehrstufiger Prozess. Um eine wirksame Rückverfolgbarkeit und Qualitätssicherung zu erzielen, ist ein System zur lückenlosen Dokumentation entlang der gesamten Wertschöpfungskette erforderlich, so dass die im Mastbetrieb gewonnenen Daten überbetrieblich vor dem Hintergrund der Rückverfolgbarkeit sowie der betrieblichen Dokumentation genutzt werden können [13].

goal of providing traceability and operational documentation [13].

Literatur / Bibliography

- [1] *Berckmans, D.*: Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming. In: Animal production in Europe: The way forward in a changing world. International congress of the International Society for Animal Hygiene Saint-Malo/France, 2004, S. 27-30
- [2] *Turner, S. P., D. J. Allcroft und S. A. Edwards*: Housing pigs in large social groups: A review of implication for performance and other economic traits. *Livestock Production Science* 82 (2003), S. 39-51
- [3] *Ellersiek, H.-H.*: Trends in der Schweinehaltung. *Landtechnik* 59 (2004), H. 6, S. 316-317
- [4] *Morrison, R.*: Observation on Automatic Sorting. In: Murphy J. M., T. M. Kane und C. F. M. de Lange (Hrsgs): Proceedings of the London Swine Conference – Building Blocks for the Future, 1.-2 April 2004, London, Ontario, Canada, S. 45-49, ISBN 0-9688770-3-6
- [5] *Schofield, C. P., et al.*: Monitoring pig growth using a prototype imaging system. *Journal of Agricultural Engineering Research* 72 (1999), S. 202-210
- [6] *Stalljohann, G., und S. Latka*: Einfluss der Schlachtgewichte, Geschlechtertrennung und Fütterungssysteme bei der Auto-FOM-Vermarktung. Landwirtschaftszentrum Haus Düsse. Landwirtschaftskammer NRW, 2004. http://www.duesse.de/schweine/versuche/ma_v_autofom.htm, Stand: 24.11.07
- [7] *Schön, P.-C.*: Möglichkeiten und Grenzen der Lautanalyse bei der Überwachung von Tierbeständen. In: Precision Pig Farming – Innovative Technologien und Entscheidungsmodelle für die Schweinehaltung. KTBL-Schrift 469, Darmstadt, 2008, ISBN 978-3-939371-67-0
- [8] *Robertson, J. F., und J. Benzie*: Assessment of a cough counter for pigs. *Farm building Progress* 95 (1989), S. 25-28
- [9] *Chedad, A., et al.*: Recognition System for Pig Cough based on Probabilistic Neural Networks. *Journal of Agricultural Engineering Research* 79 (2001), S. 449-457
- [10] *Exadaktylos, V., et al.*: Real-Time recognition of sick cough sounds. *Computers and Electronics in Agriculture*, 63 (2008), H. 2, S. 207-214
- [11] *Xin, H.*: Assessing Swine Thermal Comfort by Image Analysis of Postural Behaviors. *Journal Animal Science* 77 (1999), S. 1-9
- [12] *Hillmann, E., et al.*: Vocalisation of domestic pigs (*Sus scrofa domestica*) as an indicator for their adaptation towards ambient temperatures. *Applied Animal Behaviour Science* 89 (2004), S. 195-206
- [13] *Herd, D., et al.*: Technische Möglichkeiten zur Verbesserung der Prozessdokumentation und Rückverfolgbarkeit in der Schweinehaltung. In: Precision Pig Farming – Innovative Technologien und Entscheidungsmodelle für die Schweinehaltung. KTBL-Schrift 469, Darmstadt, 2008, ISBN 978-3-939371-67-0

12.5 Technik in der Legehennenhaltung

Machinery and Techniques for Laying Hen Husbandry

Jutta Berk, Celle

Entwicklung von alternativen nachhaltigen Haltungssystemen

In der Legehennenhaltung sind ebenso wie in anderen Zweigen der landwirtschaftlichen Produktion neue alternative Haltungssysteme gefragt, die den unterschiedlichen Interessengruppen der Gesellschaft gerecht werden. Ein solches Haltungssystem sollte die Bedürfnisse der Legehennen ebenso wie die des Geflügelhalters und die Verbraucherwünsche berücksichtigen. Basierend auf diesen Anforderungen wurde in den Niederlanden zunächst eine umfangreiche Studie durchgeführt, in der verschiedene Bevölkerungsgruppen auf der einen Seite und Vertreter der niederländischen Geflügel- und Eierbranche auf der anderen Seite befragt wurden. Untersucht wurden in dieser Studie unter anderem das Spannungsverhältnis zwischen den Grundsätzen eines sozial verantwortlichen Unternehmers, den Bedürfnissen der Legehennen und idealen Arbeitsbedingungen für den Legehennenhalter [1]. Der nachfolgende Schritt bestand dann in der Zusammenstellung eines Anforderungskataloges, der als Grundlage für die Entwicklung eines neuartigen innovativen Haltungssystems diente, wobei zwei Entwürfe für moderne, gesellschaftlich getragene Haltungssysteme für Legehennen erstellt wurden, das so genannte „Rondeel“ und die „Plantage“ [1]. Ergebnis der praktischen Umsetzung dieser Studie ist

Development of alternative, sustainable housing systems

In laying hen husbandry like in other branches of agricultural production, new, alternative housing systems are required which meet the demands of the different interest groups in society. Such a housing system should consider the needs of the laying hens as well as those of the poultry keeper and the consumers' demands. Based on these requirements, a comprehensive study was carried out in the Netherlands during which different population groups as well as representatives of the Dutch poultry and egg industry were questioned. Among other topics, this study examined the tension between the principles of a socially responsible entrepreneur, the needs of the laying hens, and ideal working conditions for the laying hen keeper [1]. The next step was the compilation of a requirement catalogue which served as a basis for the development of a novel, innovative housing system. As a result, two concepts of modern, socially accepted housing systems for laying hens were designed: the so-called "rondeel", and the "plantation" [1]. The result of the practical implementation of this study is the rondeel system opened in Barneveld in April 2010. In this housing system, the attempt was made to stay as close as possible to the concept of the study "Houden van Hennen" (laying hen



Bild 1: Modell des Rondeels (Foto: Berk)
Fig. 1: Model of Rondeel (photo: Berk)



Bild 2: Voliere im Stall
 (Nachtbereich, Foto: Möbius, DGS)
Fig. 2: Aviary in the stable
 (night quarter, photo: Möbius, DGS)

das Rondeel-System, das im April 2010 in Barneveld eröffnet wurde. In diesem Haltungssystem wurde versucht, möglichst nahe an dem Konzept der Studie „Houden van Hennen“ (Legehennen halten) zu bleiben, um so möglichst viele der darin benannten Anforderungen zu berücksichtigen [1; 2].

Rondeel – neues, innovatives Konzept in der Legehennenhaltung

Im Gegensatz zu den üblichen Stallformen ist das Rondeel ein rundes Stallsystem (**Bild 1**), in dessen Mitte sich eine zentrale Funktionseinheit befindet, in der das Eiersammelsystem sowie die Futter- und Materialvorräte stationiert sind. Insgesamt besteht das System aus fünf Modulen, die strahlenförmig um den mittleren Zentralbereich angeordnet sind. Diese beanspruchen 270 Grad der Gesamtfläche, während die übrigen 90 Grad die Zufahrt zum Zentralbereich ermöglichen. Die gesamte Anlage ist für 30.000 Hennen konzipiert, wobei jeweils 6.000 Legehennen ein Modul zur Verfügung steht [3].

Insgesamt kann man das Rondeel in Abhängigkeit von der Nutzung in vier Segmente gliedern [3]:

- Nachtbereich, Ställe (**Bild 2**)
- Tagesbereich, überdachte Ausläufe (**Bild 3**)
- Waldrand (**Bild 4**)
- mittlerer Zentralbereich

In den Ställen oder dem Nachtbereich sind Fütterungs- und Tränkeanlagen sowie die Legenester und Sitzstangen zum Aufbaumen vorhanden. Er dient also der Befriedigung der grundlegenden Bedürfnisse. Hier wurden

husbandry) in order to consider as many of the requirements listed there as possible [1; 2].

Rondeel – a new, innovative concept in laying hen husbandry

In contrast to the usual poultry houses, the rondeel is a round housing system (**Fig. 1**) with a central functional unit in the middle where the egg collection system as well as the feed and material store are located. Altogether, the system consists of five modules arranged radially around the central area. These account for 270 degrees of the total area, while the other 90 degrees provide access to the central area. The entire house is designed for 30,000 hens, and one module offers space for 6,000 laying hens [3].

Depending on the kind of use, the entire rondeel can be divided into four segments [3]:

- Night quarter, animal houses (**Fig. 2**)
- Day quarter, covered yards (**Fig. 3**)
- Wooded fringe (**Fig. 4**)
- Central area

The animal houses or night quarters are equipped with feeding and drinking systems as well as laying nests and perches for resting. This area thus serves to satisfy the basic needs. Here, known, proven housing techniques, such as aviary systems, were applied [2; 3].

The day area allows the animals to be active, to scratch, and to dustbathe because the covered yards have an integrated wintergarden. An insulated side wall can be fully rolled up so that an optimal, uniform climate in both the day and the night quarters is guaranteed [2;



Bild 3: Tagesbereich mit voll aufrollbarer isolierter Trennwand (Foto: Möbius, DGS)

Fig. 3: Day quarter with a fully rolled up insulated side-wall (photo: Möbius, DGS)



Bild 4: Überdachter Auslauf mit Waldrand (Foto: Möbius, DGS)

Fig. 4: Roofed outside run with wooded fringe (photo: Möbius, DGS)

bekannte und bewährte Stalltechniken wie beispielsweise Volierensysteme verwandt [2; 3].

Der Tagesbereich bietet die Möglichkeit zur Aktivität sowie zum Scharren und Staubbaden, da die überdachten Ausläufe über einen integrierten Scharrbereich verfügen. Eine isolierte Seitenwand kann komplett aufgerollt werden, so dass ein optimales einheitliches Klima im Tages- und Nachtbereich gewährleistet wird [2; 3]. Durch diese Anordnung kann ein höherer Anteil Hühner die Möglichkeit zum Scharren und Staubbaden nutzen als in herkömmlichen Systemen.

Der Waldrand aus Bäumen und Sträuchern bildet einen äußeren Ring um die gesamte Anlage und ist ebenfalls den natürlichen Bedürfnissen der Hennen angepasst, da er zum Scharren, Erkunden und als Schutz dient. Im Falle eines Krankheitsausbruches kann er total abgeriegelt werden, während der Tagesbereich den Hennen weiterhin zur Verfügung steht.

Der Zentralbereich besteht aus drei Teilen, wobei das Erdgeschoss den Arbeitsbereich des Halters darstellt. In der ersten Ebene befindet sich ein großer Besucher-raum von 100 m², der ganzjährig geöffnet ist. Von hier aus führt ein Besuchergang, der komplett aus Glas besteht, bis in den Tagesbereich. Auf der zweiten Ebene sind zwei Wärmetauscher installiert, die zur Klimaregulierung und zum Kottrocknen verwandt werden [2].

In das Rondeel wurden zwei technische Neuerungen integriert. Erstens erfolgt die Klimaregulierung im ganzen System mittels natürlicher Belüftung. Die zweite Neuerung betrifft das Kottrocknungssystem, wobei der Kot in der Anlage sowohl vor- als auch nachgetrocknet wird. Dieses Verfahren ermöglicht einen ganzjährigen Trockensubstanzgehalt des Düngers von etwa 85 % [3; 4]. Gleichzeitig geht man davon aus, dass der Ammoniakgehalt im Vergleich zu anderen alternativen Systemen um etwa 50 % reduziert ist [3]. Die erzeugten Eier können vor Ort sortiert und verpackt werden, so dass unnötige Transporte entfallen [3]. Die Vermarktung soll unter dem Label Puur & Eerlijk in auffallenden runden Eierboxen mit sieben Eiern erfolgen, die aus biologisch abbaubaren Materialien wie natürliche Kokosfasern, Stärke und Rohrzuckerabfall sowie anderen Abfallprodukten bestehen [3; 4] und damit das Konzept abrunden. Die ersten Eier sollen ab Juni 2010 in der niederländischen Supermarktkette Albert Hein zum Preis von 1,89 € vermarktet werden [3].

3]. This arrangement enables a larger percentage of chickens to use the opportunity to scratch and to dust-bathe than in traditional systems.

The wooded fringe of trees and shrubs forms an outer ring around the entire facility and is also adapted to the natural needs of the hens because it serves as an area for scratching, exploration, and protection. If a disease breaks out, the wooded fringe can be closed off completely, whereas the hens can still use the day quarter. The central area consists of three parts. The ground floor is the working area of the keeper. At the first level, there is a large room for visitors (100 m²), which is open all year long. From there, a glass visitors' corridor leads to the day quarter. At the second level, two heat exchangers are installed which are used for climate control and dung drying [2].

Two technical innovations were integrated into the Rondeel. First, the climate in the entire system is controlled by means of natural ventilation. The second innovation is a novel manure drying system which allows the manure to be pre- and afterdried in the facility. This technique enables the dry matter content of the fertilizer to be kept constant at approximately 85% [3; 4]. At the same time, the assumed ammonia content is reduced by about 50% as compared with other alternative systems [3]. The produced eggs can be sorted and packed on the premises so that unnecessary transports are dispensed with [3]. The eggs are intended to be marketed under the label Puur & Eerlijk in conspicuous round egg boxes containing seven eggs, which consist of biodegradable materials such as natural coconut fibres, starch, and cane sugar waste as well as other waste products [3; 4] and thus round off the concept. The eggs are planned to be marketed as of June 2010 in the Dutch super market chain Albert Hein at a price of € 1.89 [3].

Literatur / Bibliography

- [1] *Universiteit Wageningen*: Houden van Hennen, www.houdenvanhennen.nl (2004), S. 1-30
- [2] www.rondeel.org/index.php
- [3] *Clements, M.*: Unique sustainable layer house opens in the Netherlands. www.wattagnet.com/PoultryInternational/16034.html (2010)
- [4] *Möbius, C.*: Aschewolken über Utrecht. DGS Magazin 22 (2010), S. 34-41

12.6 Technik in der Geflügelmast

Machinery and Techniques in fattening poultry

Jutta Berk, Celle

Kombiniertes Brut- und Schlupfsystem für Broiler

Küken schlüpfen über einen Zeitraum von etwa 36 bis 48 h. Sie werden erst aus den Schlupfbrütern entnommen, wenn der größte Teil der Küken geschlüpft ist. Tiere, die zu Beginn dieses Zeitraumes schlüpfen, müssen also relativ lange ohne Futter- und Wasser auskommen, was zu schlechteren Mastleistungen führen kann. In der Praxis kann es bis zu 50 h dauern, bis die erstgeschlüpften Küken Futter und Wasser aufnehmen [1]. Eine Reduktion dieses Zeitraumes und damit gleichzeitige Verbesserung der Startbedingungen bezogen auf die Tierleistungen und die Tiergesundheit waren die Gründe für die Entwicklung des kombinierten Brut- und Schlupfsystems Patio der Firma Vencomatic. In dieses speziell für vorgebrütete Eier entwickelte Etagensystem werden Bruteier nach 18 Tagen Brutzeit auf Bruthorden gebracht (**Bild 1**). Die Küken schlüpfen direkt in dem System und fallen von den erhöhten Schlupfplätzen in die untere eingestreute Etage mit Futter- und Wasserversorgung (**Bild 2**). Ein speziell auf die Bedürfnisse der jungen Tiere abgestimmtes Lüftungssystem sorgt für gute klimatische Bedingungen vor und nach dem Schlupf. Jede Reihe des Systems enthält mehrere Etagen, die mit einem Transportband anstelle eines Bodens ausgerüstet sind. In einem Alter von sieben bis 14 Tagen werden die Broiler über dieses Transportband mit einer Geschwindigkeit von 0,04 m/s an das hintere Ende der Etage befördert und etagenweise ausgestellt. Die Tiere kommen dann zur Weitermast in übliche Mast-



Bild 1: Kükenschlupf im Patio-System Vencomatic (Foto: L. J. F. van den Ven)

Fig. 1: Hatch of chickens in the Patio system Vencomatic (photo: L. J. F. van den Ven)

Combined incubating and hatching system for broilers

Chicks hatch over a period of approximately 36 to 48 h. They are removed from the hatcher only after the largest percentage of the chicks has hatched. Animals which hatch at the beginning of this period therefore remain without feed and water for a relatively long period, which can lead to poorer fattening performance. In practice, it can take up to 50 hours until the chicks which hatched first take in feed and water [1]. A reduction of this period, which at the same time provides better starting conditions with regard to animal performance and animal health, was the reason for the development of the combined brooding and hatching system Patio from the company Vencomatic. Egg trays containing 18-day incubated eggs are inserted into this specially developed multi-level system for pre-incubated eggs (**Fig. 1**). The chicks hatch directly in the system and fall from the raised hatching places onto the lower, littered bedding where feed and water are directly available (**Fig. 2**). A ventilation system specially adapted to the needs of the young animal provides good climatic conditions before and after hatching. Every row of the system contains several shelves equipped with a conveyor belt instead of a floor. At an age of 7 to 14 days, the birds are removed from the system level by



Bild 2: Patio-System Vencomatic am ersten Lebenstag (Foto: L. J. F. van den Ven)

Fig. 2: Patio system Vencomatic on the first day of life (photo: L. J. F. van den Ven)

ställe. Erste Untersuchungen scheinen darauf hinzudeuten, dass das Patio-System eine Alternative zu den gegenwärtig üblichen Brut- und Schlupfverfahren darstellt [2].

EyeNamic – ein System zur Erfassung des Tierverhaltens als Indikator für Tiergesundheit und Wohlbefinden

Eine gute Verteilung der Tiere im Stall ist während der gesamten Mastperiode notwendig, mit zunehmender Bedeutung zum Mastende. Lokaler Überbesatz kann zu erhöhter Mortalität und einer Verringerung der Tierleistungen führen. Neben praxisüblichen Systemen zur Klimakontrolle, automatisierter Fütterung, Biometrie und Datenmanagement hat der Landwirt jetzt auch die Möglichkeit, das Tierverhalten als Indikator für Tiergesundheit und Wohlbefinden von Mastgeflügel mit einzubeziehen. Die Fa. Fancom hat ein automatisches System zur Verhaltensüberwachung unter Nutzung von Kamertechnik entwickelt. Im Stall werden drei Kameras im First installiert, die kontinuierlich Aufnahmen von der gesamten Stallbodenfläche anfertigen. Eine Analysesoftware übersetzt dann diese Bilder in einen Index für die Tierverteilung und die Aktivität. Beide Indices können als nützliche Indikatoren für das Tierverhalten

level by this conveyor belt which moves towards the back end of the system at a speed of 0.04 m/s. Afterwards, fattening continues in conventional fattening houses. Initial studies seem to indicate that the Patio system is an alternative to the currently common brooding and hatching techniques [2].

EyeNamic – a system for the registration of animal behaviour as an indicator of animal health and well-being

During the entire fattening period, the animals must be spread well over the barn. The importance of this measure, however, increases towards the end of the fattening process. Local overoccupancy can lead to increased mortality and a reduction of animal performance. In addition to climate control, automated feeding, biometrics, and data management systems common in practice, the farmer can now consider animal behaviour as an indicator of the health and well being of fattening poultry. The Fancom company developed an automatic behavioural monitoring system which uses camera technology. Three cameras installed in the ridge of the building continuously film the entire barn floor surface area. The analysis software then converts these images into an animal distribution and activity index. Both indi-

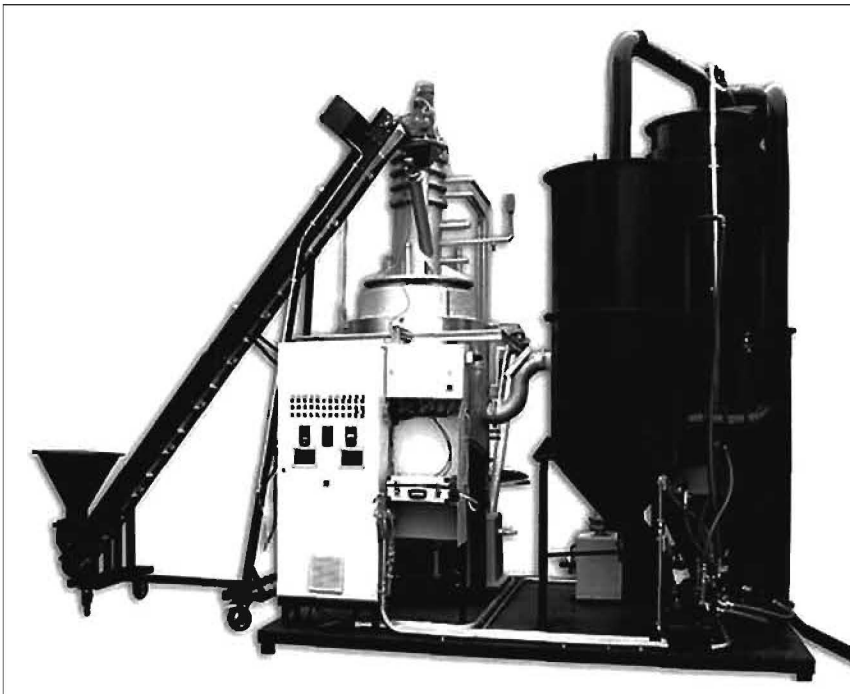


Bild 3: Gaserzeugungsanlage mit Förderband, Schalt- und Steuerschrank, Gaserzeuger, Gaskühlung und -reinigung (Foto: Big Dutchman)
Fig. 3: Gasification system with conveyor belt, switching and control cabinet, gasifier, gas cooling and gas cleaning (photo: Big Dutchman)

verwandt werden. Die Bilder zeigen sehr deutlich, welche Tiere zu welchem Zeitpunkt und wie lange gefressen oder getrunken haben, so dass Abweichungen vom Normalverhalten jederzeit erkannt werden. Das System gibt Auskunft darüber, ob die Tiere die gesamte Fläche gleichmäßig nutzen oder bestimmte Areale meiden, weil beispielsweise das Mikroklima nicht stimmt, die Einstreu zu feucht ist oder Fehler in der Wasser- und Futterverteilung vorhanden sind. Das neue System „eYeNamic“ ist Teil einer Automatisierungslösung der Firma Fancom und stellt eine neue Möglichkeit zur Optimierung der Betriebskontrolle unter Beachtung des Tierverhaltens dar [3; 4].

Innovative Gaserzeugung aus Kot

Kot aus Geflügelställen kann mit der neuen umweltfreundlichen, klimaneutralen Gaserzeugungsanlage von Big Dutchman (**Bild 3**) in Energie durch innovative Verschmelzung umgesetzt werden. Dafür wird Kot getrocknet, anschließend pelletiert und der Anlage zugeführt, in der durch Verschmelzung Gas entsteht. Als einziges Abfallprodukt bleibt Asche übrig, die mit Ausnahme von Stickstoff alle für eine Düngung notwendigen Bestandteile enthält und damit ein wertvolles Düngemittel darstellt. Anschließend werden aus der so produzierten Energie im Blockheizkraftwerk Strom und Wärme gewonnen. Es können außer Kot auch andere Nebenprodukte aus Biogasanlagen wie beispielsweise Zuckerrohr oder Gärreste eingesetzt werden. Mit der in der 150-kW-Anlage erzeugten Energie können 25 Haushalte über den Zeitraum von einem Jahr mit Wärme (maximale Heizleistung 10 kW) und 200 Haushalte über den gleichen Zeitraum mit Strom auf der Grundlage von 0,75 kW Verbrauch pro Haushalt im Jahresdurchschnitt versorgt werden [5].

ces can be applied as useful indicators of animal behaviour. The images show very clearly which animals ate or drank at which time and for how long so that deviations from normal behaviour are detected at any time. The system provides information about whether the animals use the entire surface evenly or avoid certain areas because the microclimate is not suitable, the litter is too moist, or water and feed distribution is inappropriate. The new system “eYeNamic” is part of an automation solution of the company Fancom which provides a new option for the optimization of operating control taking animal behaviour into consideration [3; 4].

Innovative manure gasification

The new, environmentally friendly and climate-neutral gasification system from Big Dutchman (**Fig. 3**) allows poultry manure to be transformed into energy by means of innovative carbonization at low temperatures. For this purpose, manure is dried, pressed into pellets, and conveyed to a gasifier, where it is converted into gas by means of low-temperature carbonization. The only remaining waste product is ash, which contains all necessary substances required for fertilizing except nitrogen and is therefore valuable fertilizer. Afterwards, the energy thus produced is used for electricity and heat generation in a cogeneration unit. In addition to chicken manure, other by-products from biogas plants, such as sugar cane or digestate, can be used. The energy produced in the 150 kW plant enables 25 households to be supplied with heat (maximum heat output 10 kW) over a period of one year. During the same period, 200 households can be supplied with electricity based on a yearly average consumption of 0.75 kW per household [5].

Literatur / Bibliography

- [1] Careghi, C., et al.: The effects of the spread of hatch and interaction with delayed food access after hatch on broiler performance until seven days of age. *Poultry Science* 84 (2005), S. 1314-1320
- [2] Van de Ven, L. J. F., et al.: Effects of a combined hatching and brooding system on hatchability, chick weight, and mortality in broilers. *Poultry Science* 88 (2009), S. 2273-2279
- [3] www.fancom.com/_internet/pages/concepten.php
- [4] Möbius, C.: Aschewolken über Utrecht. *DGS Magazin* 22 (2010), S. 34-41
- [5] www.bigdutchman.de/Aktuelle-Meldung.393.html

12.7 Aquakultur – kontrollierte Erzeugung von Nutzorganismen in Wasser

Aquaculture – Controlled Production of Beneficial Organisms in Water

Birgit Schmidt-Puckhaber, Frankfurt am Main

Die Beliebtheit von Fisch und verarbeiteten Fischprodukten hat 2009 in Deutschland mit einem Pro-Kopf-Verbrauch von 16,1 kg erneut einen Höchstwert erreicht [1]. Etwa 21 % der konsumierten Fische stammen aus dem Süßwasser und damit überwiegend aus Teichwirtschaften und Binnenfischereien. Dennoch wirkt sich die steigende Nachfrage bisher nicht positiv auf die nationale Fischproduktion aus, zumindest nicht für die Haupt-Aquakulturarten Forelle und Karpfen: So sind die Zahlen für die Speisekarpfenproduktion mit einem Gesamtertrag von 10.700 t (2008) aus den inländischen Karpfenteichwirtschaften leicht rückläufig, für die Forellenteichwirtschaft stagnieren sie seit einigen Jahren um einen Jahresertrag von rund 21.700 t (2008) [2] (**Tafel 1**).

Da eine Ausweitung der Produktionskapazitäten beispielsweise durch Teich-Neuanlagen oder Vergrößerungen bestehender Anlagen aufgrund der rechtlichen Rahmenbedingungen und Umweltgesetzgebungen derzeit kaum möglich ist, kann eine steigende Nachfrage nach Fischen aus heimischer Teichwirtschaft nur durch Erhöhung der Intensität und/oder verbesserte Ressourcennutzung der bestehenden Fischfarmen durch technische Aufrüstungen erreicht werden.

Aquakultur ist aber, neben der kontrollierten Aufzucht von Karpfen, Forellen und zahlreichen anderen Arten in Teichen oder durchflossenen Rinnen und Becken, auch die Produktion aquatischer Organismen in technischen Systemen mit geschlossenen Wasserkreisläufen, so genannten Kreislaufanlagen. Solche Anlagen sind auch in Zukunft genehmigungsfähig und könnten Basis sein für eine Mengensteigerung.

Given a per-capita consumption of 16.1 kg, the popularity of fish and processed fish products in Germany reached another maximum in 2009 [1]. Approximately 21% of the fish consumed come from freshwater, i.e. primarily from pond farming and freshwater fishery. Nevertheless, the growing demand has had no positive effect on national fish production so far, at least not for the main aquacultural species trout and carp. Given a total production of 10,700 t (2008) from domestic carp pond farming, the figures for table carp decreased slightly. In trout pond farming, figures have been stagnating for several years at an annual production level of approximately 21,700 t (2008) [2] (**Table 1**).

Since it is currently virtually impossible to increase production capacities by building new ponds or enlarging existing facilities due to the legal conditions and environmental legislation, greater demand for fish from domestic pond farming can only be reached by increasing intensity and/or improving the utilization of resources on existing fish farms by means of better technical equipment.

In addition to the controlled raising of carp, trout, and numerous other species in ponds or channels and basins with a continuous water flow, aquaculture also includes the production of aquatic organisms in technical systems featuring closed water cycles (so-called recirculation systems). Since approval for such facilities will continue to be granted in the future, they could become a basis for quantity increase.

	Produktion			Anzahl Betriebe	
	Satzfische (t)	Speisefische (t)	Änderung zum Vorjahr	Nebenerwerb	Haupterwerb
Karpfen	3.698	10.723	- 0,1 %	11.543	188
Forellen	2.688	21.760	+ 0,8 %	10.325	441

Tafel 1: Erträge der deutschen Karpfen- und Forellenteichwirtschaft im Jahr 2008 [2]

Table 1: Yields of German carp and trout pond farming in the year 2008 [2]

Karpfenproduktion

Die Karpfenproduktion in der Bundesrepublik Deutschland ist fast ausschließlich in Teichwirtschaften organisiert, die sich regional stark in ihrer Betriebsgröße unterscheiden. Während in Bayern überwiegend Nebenerwerbsbetriebe im Rahmen landwirtschaftlicher Strukturen Teiche von durchschnittlich weniger als 5 ha bewirtschaften, sind es in Sachsen und Brandenburg Vollerwerbsbetriebe mit großen Wasserflächen von durchschnittlich 150 ha und größer.

Die Gründe für den leichten Rückgang der Produktion werden einmal in nicht optimalen Klimabedingungen während der wichtigen Wachstumsphasen der Fische gesehen. Hinzu kommen überdurchschnittliche Verluste, die auf das Auftreten des Koi-Herpes-Virus zurückzuführen sind, aber auch durch Fraßschäden der weiter zunehmenden Populationen fischfressender Vögel wie Kormoran, Reiher und Säuger.

Gegen den massiven Fraßdruck durch Kormorane sind bisher keine wirksamen Abwehrtechniken gefunden worden. Versuche der Bayrischen Landesanstalt mit eingezäunten und überspannten Unterständen für die Karpfen konnten Stückverluste von bis zu 85 % nicht verhindern [3].

Die hohen Schäden und die erschwerten Produktionsbedingungen führen dazu, dass Flächen nicht mehr bewirtschaftet werden. Auch wenn durch die Verknappung des Angebots höhere Verkaufspreise erzielt werden, lohnt sich die Karpfenteichwirtschaft nicht mehr für alle Teichwirte.

Eine innovative Kombination von Teichwirtschaft und moderner, landbasierter Aquakulturtechnologie könnte die notwendige Effizienzsteigerung für die Karpfen-Aquakultur bringen: einsömmrigen Karpfen werden im Herbst aus den Teichen abgefischt und in Beckenanlagen im Durchfluss oder auch in Kreislaufanlagen unter optimalen Temperaturbedingungen über die Wintermonate auf eine Größe von 400 bis 500 g gefüttert. So im Mai bei passenden Teichbedingungen wieder ausgesetzt sind sie weitgehend „kormoranfest“, weniger anfällig gegen KHV als in der Winterhälterung im Teich und können im folgenden Herbst Speisefischgröße erreichen [5]. In den Sommermonaten kann die Anlage für das Vorstrecken oder Mästen von Warmwasserfischarten wie Zander, Waller oder Stör genutzt werden.

Forellenproduktion

Mit einer Produktionsmenge von 21.700 t (2008) ist die Erzeugung von Speiseforellen das Rückgrat der deut-

Carp production

Carp production in the Federal Republic of Germany is almost exclusively organized in pond farms, whose size shows significant regional variation. In Bavaria, mainly part-time operations produce fish in ponds having an average size of less than 5 ha as part of their agricultural structures. In Saxony and Brandenburg, however, pond farms are full-time operations with large water areas, whose average size reaches 150 ha and more.

The reasons for the slight production decrease are seen in non-optimal climatic conditions during the important growth phases of the fish. In addition, over-average losses were caused by the occurrence of the koi-herpes virus and feeding damage due to the continuously growing population of predators, such as cormorants, herons, and sawbirds.

So far, no effective defense techniques against the massive feeding pressure of cormorants have been found. Tests of the Bavarian State Institute with fenced-in and covered shelters for carp were not able to prevent losses of up to 85% [3].

Due to the high losses and the difficult production conditions, some areas are no longer used for aquaculture. Even though the scarcer supply provides higher sales prices, carp pond aquaculture is no longer profitable for all pond farmers.

An innovative combination of pond farming and modern, land-based aquacultural technology could provide the necessary increase in efficiency in carp aquaculture. After one summer, carp are fished from the ponds in autumn and fed in basin facilities with a continuous water flow or in recirculation systems under optimal temperature conditions over the winter months until they reach a weight of 400 to 500 g. When they are released in May under appropriate pond conditions, they are largely “cormorant-resistant” and less susceptible to KHV than carp kept in a pond during the winter and can reach table fish size in the following autumn [5]. In the summer months, the facility can be used for the breeding or fattening of warm water fish species such as pikeperch, catfish, or sturgeon.

Trout production

Given a quantity of 21,700 t (2008), the production of table trout is the mainstay of German aquacultural production [2]. Most of the 441 full-time farms which keep rainbow trout and to a smaller extent also other salmonids, such as brook trout and char, in water-flow facilities are situated in Southern Germany. Even if the

schen Aquakulturproduktion [2]. Der größte Teil der 441 Haupterwerbsbetriebe, die Regenbogenforellen und in geringerem Umfang andere Salmoniden wie Bachforellen und Saiblinge in Durchflussanlagen halten, liegt in den südlichen Bundesländern Deutschlands. Auch wenn die Produktionsmengen der letzten Jahre geringfügige Zuwächse aufweisen, sind ähnlich wie auch bei der Karpfenteichwirtschaft die Standorte zur Produktion von Forellen weitgehend auf bereits bestehende Betriebe mit entsprechenden Betriebsgenehmigungen und Wasserrechten beschränkt. Eine weitere Nachfrage nach Forellen aus heimischer Produktion und lokaler Vermarktung lässt sich nur durch Verbesserungen der Betriebseffizienz erreichen. Um gerade bei steigenden Futtermittel-, Energie-, Sauerstoff- und sonstigen Kosten positive Betriebsergebnisse erzielen zu können, sind eine hohe Arbeitsproduktivität und innovative Ansätze zur optimalen Nutzung der gegebenen Produktionsressourcen notwendig [7].

Für die Forellenaquakultur liegen die Schwerpunkte dabei in der Verbesserung der Futtermittel und der Fütterungsstrategien, der Optimierung der Wassernutzung durch Sauerstoffeintragstechniken und Maßnahmen zur Einhaltung der strengen Auflagen an die Ablaufwasserqualität durch Filtereinrichtungen [8; 9].

Steigende Preise für die Rohstoffe Fischmehl und Fischöl, aber auch die Diskussion um die Nachhaltigkeit der Aquakulturproduktion auf Basis von Fischmehl sind Antrieb für die Suche nach Substituten für den tierischen Eiweißträger. In wissenschaftlichen Versuchen konnte die grundsätzliche Eignung von Erbsenkonzentraten, Weizengluten, Kartoffelproteinen und aufgeschlossenen Rapsproteinen nachgewiesen werden. Bei entsprechenden Anteilen dieser alternativen Proteinquellen konnten vergleichbare Wachstumsleistungen ermittelt werden. Befürchtungen hinsichtlich Fischfleischqualität und Fischgesundheit im Zusammenhang mit der Substitution tierischer Eiweißträger im Futter bestätigten sich nicht [10]. Damit eignen sich pflanzliche Rohstoffe durchaus, um marktfähige, wertvolle Fischprodukte herzustellen. Allerdings wird rechtzeitig vor der Schlachtung eine Umstellung auf fischmehlbasierte Futtermittel empfohlen, um Unterschiede im Gehalt an den wertvollen ungesättigten Fettsäuren auszugleichen.

Kreislaufanlagen

Alternativ zu den beschriebenen Fischproduktionen in durchflossenen Teichen oder Becken werden seit einigen Jahrzehnten so genannte Kreislaufanlagen betrie-

quantities produced have grown slightly in the past years, the locations of trout production are largely limited to existing farms which have the necessary operating permit and water rights like in carp pond farming. More demand for trout from domestic production and local marketing can only be created by improving operational efficiency. In order to reach positive operating results especially under the conditions of growing expenses for feed, energy, oxygen, and other resources, high work productivity and innovative approaches for the optimal use of the given production resources are necessary [7].

In trout aquaculture, the focus is on the improvement of feed and feeding strategies, the optimization of water use with the aid of oxygen input techniques, and the application of filters for the observation of the strict regulations on outflow water quality [8; 9].

Increasing prices for the raw materials fish meal and fish oil as well as the discussion about the sustainability of aquacultural production based on fish meal are driving the search for substitutes for animal protein carriers. Scientific trials proved the basic suitability of pea concentrates, wheat gluten, potato proteins, and digested rapeseed proteins. If these alternative protein sources reached a sufficient percentage, growth performance was found to be comparable.

Fears with regard to fish meat quality and fish health caused by the substitution of animal protein carriers in the feed were not confirmed [10]. Thus, vegetable raw materials are quite well suitable for the generation of marketable, valuable fish products. However, a timely switchover to fishmeal-based feed is recommended before slaughtering in order to balance out the differences in the content of valuable unsaturated fatty acids.

Recirculation systems

As an alternative to the described fish production techniques in ponds or basins with a continuous water flow, so-called recirculation systems have been operated and developed further for several decades. They are characterized by integrated water treatment, which allows the water to be used several times and thus reduces water consumption and outflow significantly. Typical systems with mechanical and biological cleaning replace only 5 to 10% of the water volume of the facility per day. Thus, appropriate thermal insulation of the buildings and water heating systems enables the husbandry conditions to be kept in an optimal range for the individual fish species all year round.

ben und weiterentwickelt. Sie sind durch eine integrierte Wasseraufbereitung charakterisiert, die eine Mehrfachnutzung des Wassers ermöglicht und damit den Wasserverbrauch und auch den Ablaufwasserstrom deutlich reduziert. Typische Anlagen mit mechanischer und biologischer Reinigung tauschen nur 5 bis 10 % des Wasservolumens der Anlage pro Tag. So besteht die Möglichkeit, mit entsprechender thermischer Isolierung der Gebäude und Anlagen zur Erwärmung des Wassers die Haltungsbedingungen ganzjährig in einem für die jeweilige Fischart physiologisch optimalen Bereich zu halten.

Mangels verlässlicher statistischer Erhebungen kann der aktuelle Bestand an produzierenden Kreislaufanlagen in Deutschland nur geschätzt werden: der Arbeitsgemeinschaft Binnenfischereiforschung sind neben Forschungsanlagen derzeit 29 gewerbliche Anlagen bekannt, die Gesamtproduktion aus diesen Fischzuchten wird auf rund 1.400 t geschätzt [2]. Eine Auflistung der Anzahl Farmen und der Produktionsmengen sind in **Bild 1** gegeben. Die Menge der in Kreislaufanlagen erzeugten Fische hat sich in den letzten zehn Jahren mehr als verdoppelt. Gemessen an den Erträgen aus Forellen- und Karpfenteichwirtschaften sind die aus Kreislaufanlagen immer noch gering.

Since reliable statistical data are not available, the current number of recirculation systems operated in Germany can only be estimated. The working group freshwater fishery research currently knows 29 commercial facilities (in addition to research facilities). The estimated total production of these fish farms reaches approximately 1,400 t [2]. The number of farms and the quantities produced are listed in **Figure 1**. The quantity of fish produced in recirculation systems has more than doubled in the past 10 years. In comparison with the yields of trout and carp pond farms, the quantity produced in recirculation systems is still low.

Even though fish farming in recirculation systems is meanwhile a proven technique and significant technical progress has been made in central parts of the facilities, such as biological water treatment ("biofilter") as well as more energy-efficient water supply, and despite improvements in the control and monitoring of the facility, the development is nonetheless characterized by heavy fluctuations [12].

This is also illustrated by the number of operating facilities and their output in the Federal Republic of Germany since 1995, which are shown in **Figure 1**.

The strongly varying prospects of economic success of recirculation technology are not so much the result of

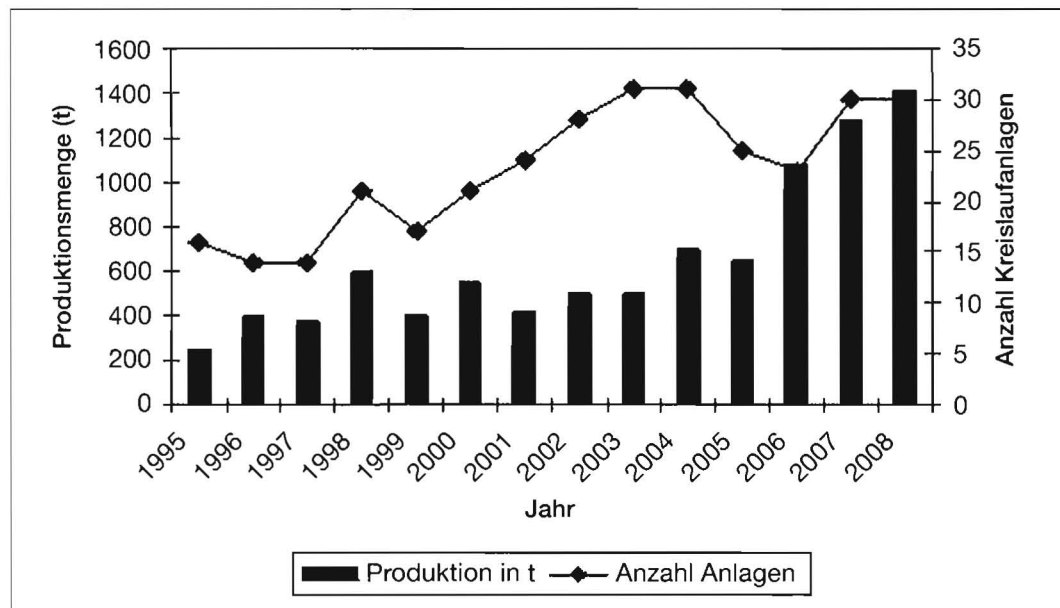


Bild 1: Entwicklung der Produktionsmenge und Anzahl gemeldeter Kreislaufanlagen [2]

Fig. 1: Development of the output and the number of registered recirculation systems [2]

Obwohl die Fischzucht in Kreislaufanlagen mittlerweile ein erprobtes Verfahren ist und es in den vergangenen Jahren zu wesentlichen technischen Verbesserungen in zentralen Anlagenteilen, wie der biologischen Wasseraufbereitung („Biofilter“), einer energieeffizienteren Wasserförderung und in der Anlagensteuerung und -überwachung gekommen ist, ist die Entwicklung dennoch von großen Fluktuationen gekennzeichnet [12].

Dies zeigt auch die Darstellung der Zahl der Anlagen im Betrieb und ihre Produktionsmenge seit 1995 in der Bundesrepublik Deutschland (**Bild 1**).

Verantwortlich für die sehr unterschiedlichen wirtschaftlichen Erfolgsaussichten der Kreislauftechnologie sind heute weniger technische Probleme, sondern oftmals eine mangelnde Rentabilität. Der Bau solcher Anlagen ist sehr kapitalintensiv, die Betriebs- und Personalkosten höher als in offenen Anlagen.

Die in den geschlossenen Anlagen produzierten Fischarten stellen – verglichen mit den Haupt-Aquakulturarten Forelle und Karpfen – eher Nischenmärkte dar, deren Aufbau und Pflege erheblicher Anstrengungen bedarf. Um bei der Vermarktung an den Großhandel möglicher Preiskonkurrenz durch preiswerte Importe auszuweichen, bauen Einzelzeuger zunehmend nach dem Beispiel landwirtschaftlicher Direktvermarktung einen Fischverkauf direkt ab Hof auf und versuchen einen hohen Anteil der Produktion direkt an Gastronomie und Einzelhändler abzugeben.

technical problems today. Instead, they are often caused by a lack of profitability. The construction of such facilities requires large amounts of capital, and the operating and personnel expenses are higher than in open facilities.

As compared with the main aquacultural species trout and carp, the fish species kept in closed facilities are rather niche markets, whose development and cultivation require considerable efforts. In order to avoid potential price competition caused by cheap imports when selling products to the wholesale trade, individual producers market more and more fish directly on the farm following the example of agricultural direct marketing and try to sell a large share of their production directly to the gastronomy or retailers.

The combination of circulation fish farming facilities and biogas plants provides some synergies (**Fig. 2**). First, heat from biogas-based electricity generation can be used to heat the hall air and the water used in the facility so that thermophilic species are offered ideal growth conditions. Moreover, part of the outflow water and in particular the rinsing sludge from the solid matter separation components of the biogas plant can be utilized [13].

In addition to these process-technological options, energy farmers can profit from considerable economic advantages because the current version of the Energy Input Act provides a bonus of € 0.03 per kWh for the

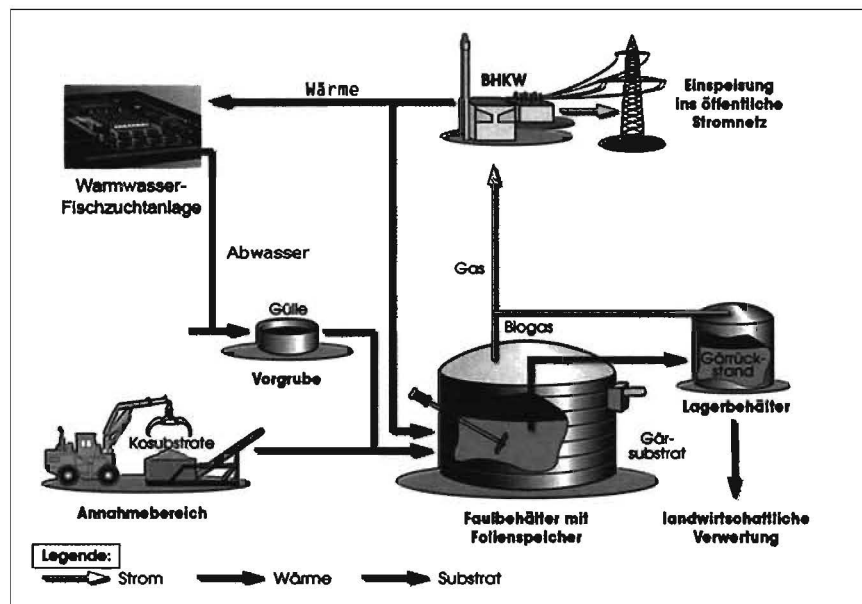


Bild 2: Synergien von Biogasanlagen und Fischzuchtanlagen [FTIE-Fischtechnik; www.ftie.de]

Fig. 2: Synergies of biogas plants and fish production [FTIE-Fischtechnik; www.ftie.de]

Die Kombination von Fischzucht-Kreislaufanlagen mit Biogasanlagen bietet einige Synergien (**Bild 2**): zunächst kann die Wärme aus der Biogasverstromung über Wärmetauscher für die Erwärmung der Hallenluft und des Anlagenwassers genutzt werden, so dass wärmeliebenden Arten ideale Wachstumsverhältnisse geboten werden. Zusätzlich kann ein Teil des Ablaufwassers und insbesondere der Spülschlämme aus den Komponenten zur Feststoffabtrennung in der Biogasanlage verwertet werden [13].

Neben diesen verfahrenstechnischen Möglichkeiten bieten sich den Energiewirten wesentliche betriebswirtschaftliche Vorteile, indem nach der aktuellen Fassung des EnergieEinspeiseGesetzes (EEG) die Wärmenutzung mit einem KWK-(Kraft-Wärme-Kopplung-)Bonus von 0,03 €/kWh vergütet wird, wenn die Einsparung fossiler Energieträger durch das Verfahren nachgewiesen wird. Bei Nutzung der Fischgülle als Substratergänzung kann ein Güllebonus in Höhe von 0,04 €/kWh bei einer eingespeisten elektrischen Leistung von bis zu 150 kW erreicht werden (Stand 2009) [14].

Ausblick

Die Aquakultur wird wesentlich zur Deckung des wachsenden Fischkonsums beitragen müssen. Ihre Vorteile liegen unter anderem in der guten Steuerbarkeit der Produktion in Quantität und Qualität und damit einer gleichmäßigen Verfügbarkeit der Produkte. Weitere Vorteile sind Transparenz und Nachverfolgbarkeit der Produktionsabläufe, die eine Zertifizierung erleichtern. Standortunabhängige Systeme können dort Fisch erzeugen, wo Bedarf besteht.

Wegen der begrenzten Wachstumsmöglichkeiten der heimischen teichwirtschaftlichen Fischproduktion auf Grund behördlicher Restriktionen, starker Fraßschäden durch geschützte Predatoren und unkalkulierbarer Genehmigungsverfahren bei Neuanlagen von Teichen, Erweiterungen von Wassernutzungsrechten und Erteilung und Erneuerung von Betriebsgenehmigungen, kann eine Expansion dieses Wirtschaftszweiges in der Bundesrepublik Deutschland nur im Bereich geschlossener, standortunabhängiger Kreislaufanlagen erfolgen.

Diese technologisch anspruchsvollen und intensiv produzierenden Fischfarmen bieten Vorteile im Bereich der Emissionsverminderung und Ressourcenschonung, sind im Betrieb aber deutlich kostenintensiver als die Fischproduktion in durchströmten Haltungseinrichtungen. Daher bieten sich besonders hochpreisige Aquakulturkanidaten und sehr schnell wachsende sowie in hohen Besatzdichten zu haltende Tiere an, die zur Erlösmaxi-

utilization of heat produced in combined heat and power plants if the technique is shown to conserve fossil energy carriers. If fish slurry is used as substrate, a slurry bonus in the amount of € 0.04 per kWh is paid if an electric power of up to 150 kW is fed into the public mains network (status: 2009) [14].

Outlook

Aquaculture will have to make a significant contribution to the supply required by growing fish consumption. Good controllability of the quantity and quality of production, which results in more constant product availability, is one of the advantages of this technique. Other advantages are transparency and traceability of production processes, which makes certification easier. Location-independent systems can produce fish where the demand is.

Since the potential growth of domestic pond fish production is limited due to official restrictions, severe feeding damage caused by protected predators, as well as unpredictable approval procedures for new ponds, the extension of water use rights, and the granting and renewal of operating permits, this branch of business can only expand in closed, location-independent recirculation systems in Germany.

These technologically highly developed and intensively producing fish farms offer advantages with regard to emission reduction and resource protection. However, their operation is considerably more cost-intensive than fish production in facilities with a constant water flow. Therefore, especially aquacultural fish in high price categories and very fast growing, densely kept animals which must be offered to the consumers using innovative marketing strategies suggest themselves for this purpose. Potential for operating cost reduction lie in the use of synergies provided by coupling with facilities having heat potential (biogas plants or combined heat and power plants).

mierung über innovative Vermarktungsstrategien an den Konsumenten gebracht werden müssen. Potenziale zur Reduzierung von Betriebskosten liegen in der Nutzung von Synergien, wie bei einer Kopplung mit Anlagen mit Abwärmepotenzialen (Biogasanlagen oder BHKW).

Literatur / Bibliography

- [1] -,.: Fischwirtschaft, Daten und Fakten 2009. Fisch-Informationszentrum e. V., Hamburg (Hrsg.)
- [2] Brämick, U.: Jahresbericht zur Deutschen Binnenfischerei 2008. Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V., Potsdam-Sagrow, 2008
- [3] Oberle, M., W. Städler und W. Müller: Einfluss der Errichtung von Schutzkäfigen auf die Verringerung von Verlusten durch Kormorane im Karpfenteich. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Jahresbericht 2007, Freising, 2008, S. 54-55
- [4] Oberle, M., et al.: Ökonomische Auswirkung der Umstellung auf ökologische Erzeugung in der Karpfenteichwirtschaft – Projektkonzept. In: Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern, Öko-Landbau-Tag 2009, LfL Schriftenreihe (2009), H. 7, S. 51-53
- [5] Rümmler, F., S. Heidrich und M. Pfeifer: Kombinierte Satzkarpfen-Edelfischaufzucht in geschlossenen Kreislaufanlagen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 2009, H. 13
- [6] Füllner, G.: Zahlen zur Binnenfischerei, Freistaat Sachsen 2008. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 2008
- [7] Wedekind, H., et al.: Jahresbericht 2009. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, 2009
- [8] Brinker, A., R. Berg und R. Rösch: Minimierung der Ablaufwasserbelastung aus Forellenzuchten. Fischereiforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg, Langenargen, 2006
- [9] Sindilariu, P.-D.: Effluent treatment in trout aquaculture, state of the art and further developments. LfL-Schriftenreihe, Freising, 2009, H. 3
- [10] Reiter, R., und H. Wedekind: Fütterungsversuche zur Erzeugung von Bioforellen. In: Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern, Öko-Landbau-Tag 2009, LfL-Schriftenreihe (2009), H. 7, S. 43-49
- [11] Brinker, A.: Improving the mechanical characteristics of faecal waste in rainbow trout: the influence of fish size and treatment with a non-starch polysaccharide (guar gum). Aquaculture Nutrition (2009), H. 15, S. 229-240
- [12] Wedekind, H.: Kreislauftechnologie: Was ist in Deutschland möglich? Schriften des Deutschen Fischereiverbandes (2008), H. 86, S. 79-98
- [13] Wedekind, H.: Fischzucht-Kreislaufanlagen in Kombination mit Biogaserzeugung – Möglichkeiten und Probleme. LfL-Schriftenreihe (2009), H. 17, S. 603-607
- [14] Schmidt-Puckhaber, B.: Fisch vom Hof?! – Fischerzeugung in Standortunabhängigen Kreislaufanlagen. In: Einführung in die Nutztierhaltung in Wasser. DLG-Verlag, Frankfurt/M., ISBN-10: 3769007271 (in Druck)

13 Bioverfahrenstechnik, Umwelttechnik Bioengineering, Environmental Engineering

13.2 Bioverfahrenstechnik und Umwelttechnik in der Innenwirtschaft Bioengineering and environmental engineering in livestock farming

J. Hahne, K.-H. Krause, A. Munack und K.-D. Vorlop, Braunschweig

Der Bestand an Hühnern (ohne Truthühner, Perlhühner und Zwerghühner) in Deutschland betrug im Mai 2003 109.793.500 Tiere und im Mai 2007 114.625.500 [1]. Der Bestand an Masthähnchen ist in diesem Zeitraum von etwa 54,6 Mio. auf 59,2 Mio. Tiere und damit um etwa 8 % gestiegen. Der Pro-Kopf-Verbrauch von Hähnchenfleisch hat in Deutschland seit 2004 von 9,2 kg auf 11,1 kg im Jahr 2008 zugenommen [2]. Die weiteren Entwicklungschancen der Hähnchenmast lassen sich an den Verbrauchszahlen für Europa (EU 27) mit 17,1 kg und Nordamerika mit 44 kg im Jahr 2008 ablesen [3]. Die absehbare Ausweitung der Hähnchenmast in Deutschland kann jedoch auch mit zunehmenden Umweltbelastungen verbunden sein. So zeigen aktuelle Messungen über Geruchsemissionen aus der Hähnchenmast, dass der über den gesamten Haltungszeitraum berechnete und gemittelte Geruchsstoffstrom bei 180 GE/(s GV) liegen kann [4], während dieser in älteren Quellen lediglich mit 50 oder 60 GE/(s GV) angegeben wurde. Neben der Geruchsbelastung aus Mastställen ist mit beträchtlichen Staubemissionen zu rechnen. Sie liegen bei 0,02 bis 0,06 kg/(TP a), wobei 40 bis 60 % davon als PM₁₀ einzustufen sind. Auch die Ammoniakemissionen aus Hähnchenmastställen mit Bodenhaltung sind mit

The number of chickens (without turkeys, guinea fowl, and bantams) in Germany amounted to 109,793,500 animals in May 2003 and 114,625,500 animals in May 2007. During the same period, the number of broilers grew by about 8% from approximately 54.6 million to 59.2 million animals. The per-capita consumption of broiler meat increased from 9.2 kg in 2004 to 11.1 kg in 2008 [2]. The future development chances in broiler fattening are illustrated by the consumption figures, which reach 17.1 kg per year in Europe (EU 27) and 44 kg per year in North America [3]. However, the foreseeable extension of broiler fattening in Germany may also cause increasing environmental pollution. Current measurements of odour emissions from broiler fattening, for example, show that the odorant flow calculated and averaged over the entire housing period can reach 180 OU/(s LU) [4]. In older sources, however, values of only 50 or 60 OU/(s LU) are indicated. In addition to odour pollution from fattening houses, considerable dust emissions must be expected. They range between 0.02 and 0.06 kg/(animal place-year), of which 40 to 60% must be classified as PM₁₀. Ammonia emissions from broiler fattening houses with floor husbandry are also not insignificant at 0.0486 kg/(animal place-year) [5].

Parameter parameter	Temperatur temperature [°C]	Rel. Feuchte rel. humidity [%]	H ₂ S [ppm]	CH ₄ [ppm]	NH ₃ [ppm]	CO ₂ [ppm]	Gesamt- Staub total dust [mg/m ³]
Mittelwert mean	21,3	57,8	1,0	3,2	5,6	1043	0,8
Minimum minimum	18,4	33,5	0,0	1,1	0,0	266	0,1
Maximum maximum	33,7	78,2	4,9	7,2	30,0	3227	13,3
Anzahl 2 h- Mittelwerte number of 2 h means	1928	1929	1687	1747	1747	1747	1928

Tafel 1: Zusammensetzung und Schwankungsbreite von Abluft aus Geflügelhaltungen
Table 1: Composition and variation of exhaust air from poultry houses

0,0486 kg/(TP a) nicht unerheblich [5]. Eine mögliche Maßnahme zur Emissionsminderung stellt die Abluftreinigung dar, die dann zum Einsatz kommt, wenn emissionsmindernde Maßnahmen im Stall (Optimierung der Lüftung, Einstreuqualität und Menge, Fütterung) ausgeschöpft oder nicht ausreichend sind. Abluftreinigungsanlagen für die Geflügelhaltung müssen so dimensioniert werden, dass sie mit sehr unterschiedlichen Betriebsbedingungen wirksam und langzeitstabil betrieben werden können (Tafel 1).

Die Abluft von Geflügelhaltungen ist relativ warm und weist ein deutliches Wasserdampfdefizit auf, was für Abluftreinigungsanlagen in Hinblick auf die erforderliche Befeuchtung des Rohgases von erheblicher Bedeutung ist. Die Konzentrationen an Spurengasen unterliegen erheblichen Schwankungen, was wiederum unter anderem auf stark schwankende Abluftvolumenströme zurückzuführen ist. So liegt die Winterluft rate in der Masthähnchenhaltung beispielsweise bei 0,35 bis 0,4 m³ Luft je kg Lebendgewicht und Stunde, die Sommerluft rate hingegen bei bis zu 4,5 m³/(kg LG h). Von großer Bedeutung sind die teilweise hohen Staubbelastungen, die bei Abluftreinigungsanlagen zur Funktionsbeeinträchtigung von Waschkreisläufen und zur Verstopfung von Füllkörperflächen führen können.

One potential means of emission reduction is exhaust air cleaning, which is used when emission-reducing measures in the animal house (optimization of ventilation, quality and quantity of litter, feeding) are exhausted or insufficient. Exhaust air cleaning systems for poultry husbandry must be dimensioned such that they can be run efficiently and remain stable over long periods even under very different conditions of operation (Table 1).

Exhaust air from poultry houses is relatively warm and has a significant water vapour deficit, which is of considerable importance for exhaust air cleaning systems with regard to the necessary humidification of the crude gas. The concentrations of trace gases are subject to heavy fluctuations, which in turn must be attributed to significantly varying exhaust air volume flows among other factors. The winter air rate in fattening broiler housing, for example, ranges between 0.35 and 0.4 m³ of air per kg of live weight and per hour, whereas the summer air rate reaches up to 4.5 m³/(kg LW h). The partially high dust loads, which can impair the function of washing cycles and clog tower packing surfaces in exhaust air cleaning systems, are highly significant. Currently no exhaust air cleaning technique tested for suitability by the German Agricultural Society (DLG) is

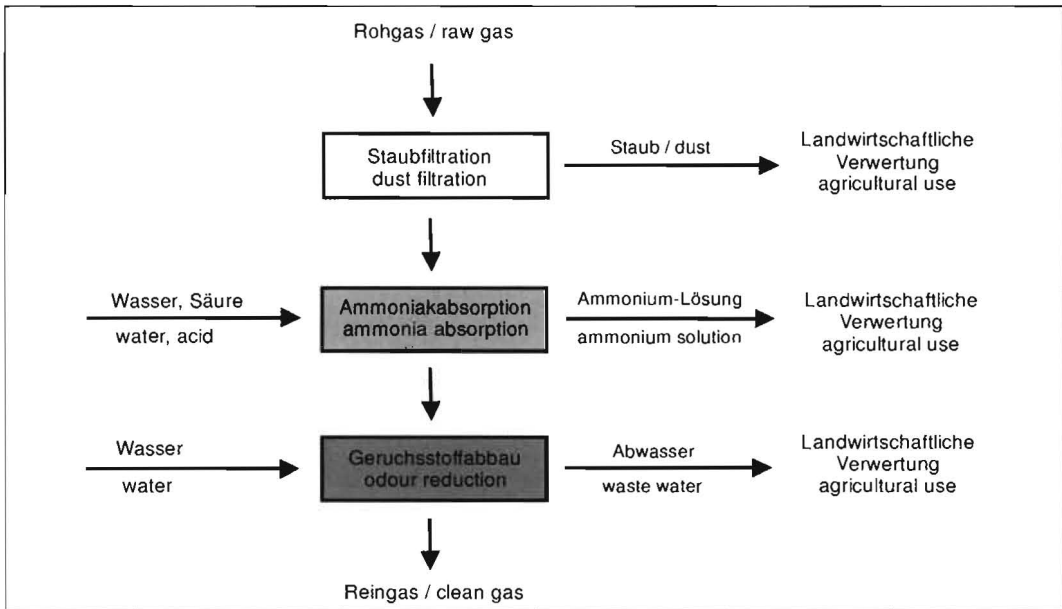


Bild 1: Versuchsanlage zur Reinigung von Stallabluft aus der Geflügelhaltung
Fig. 1: Test facility for the cleaning of poultry exhaust air

Für die Geflügelhaltung gibt es bislang kein von der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft eignungsgeprüftes Abluftreinigungsverfahren (Stand April 2010). Ein mögliches Verfahren zur Reinigung von Stallabluft aus Geflügelhaltungen wird gegenwärtig intensiv untersucht (Bild 1).

Wie erste Bilanzierungen über eine 6-monatige Versuchsphase zeigen, können mit dem beschriebenen Verfahren bei einer durchschnittlichen Filterflächenbelastung von etwa $3.000 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ 72 % des Ammoniaks in verwertbarer Form als Flüssigdünger abgetrennt werden. Hinsichtlich der Partikelabscheidung wurden bei gleicher Filterflächenbelastung mittlere Wirkungsgrade ($n = 51$, jeweils über 30 min) von 70 % (für $\text{PM}_{2,5-5,0}$), 94 % ($\text{PM}_{4,0-5,0}$) und 99 % ($\text{PM}_{8,5-10,0}$) erreicht. Die Geruchsminderung wurde bislang noch nicht untersucht.

Neben der Abluftreinigung bieten vor allem neuartige Lüftungskonzepte Möglichkeiten zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit der Tierhaltung. Mit Hilfe der numerischen Strömungsmechanik lassen sich zur Minderung der stallinternen Freisetzung passende Stallgeometrien und geeignete Orte für Zu- und Abluftöffnungen finden. Allerdings wird von diesen Möglichkeiten moderner Stallentwicklungen fast überhaupt nicht Gebrauch gemacht, während beispielsweise bei Atriumbauten erst durch die numerischen Lösungen der Weg für Weiterentwicklungen beschränkt werden konnte. An den Kosten kann es nicht liegen, dass in der Tierhaltung bei den Stallkonstruktionen kaum ein nennenswerter Fortschritt zu verzeichnen ist. Dabei kommen die stallinternen Maßnahmen zur Emissionsminderung auch den Tieren zugute. Der Filtereinsatz jedweder Art erweist sich derzeit für die Stalleinrichter finanziell lukra-

available (status: April 2010). A potential cleaning technique for exhaust air from poultry houses is currently being studied intensively (Fig. 1).

As initial balances over a six-month trial phase show, the described technique allows 72% of the ammonia to be separated in a utilizable form as liquid fertilizer at an average filter surface load of approximately $3.000 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$. With regard to particle separation, mean efficiencies of 70% (for $\text{PM}_{2.5-5.0}$), 94% ($\text{PM}_{4.0-5.0}$), and 99% ($\text{PM}_{8.5-10.0}$) were reached given the same filter surface load ($n = 51$, more than 30 minutes in all cases). Odour reduction has not yet been studied so far.

In addition to exhaust air cleaning, especially novel ventilation concepts enable the environmental friendliness of animal housing to be improved. Numerical flow mechanics allow appropriate animal house geometries and suitable places for fresh and exhaust air openings to be found in order to reduce house-internal emissions. However, these options provided by modern animal house developments are virtually not used at all, while numerical solutions opened up new avenues towards the further development of atrium buildings, for example. The costs cannot be responsible for the virtual absence of noticeable progress in animal house construction. This is even more regrettable because the animals also profit from house-internal emission reduction measures. Filter use of any kind currently proves to be financially more lucrative for those responsible for animal house equipment than emission reduction due to air conduction in the animal house. The latter also requires specialists, which causes profit-reducing expenses. The future will show whether both farmers and the environment will profit from modern ventilation concepts. The technical realizability of new concepts is beyond question [6].

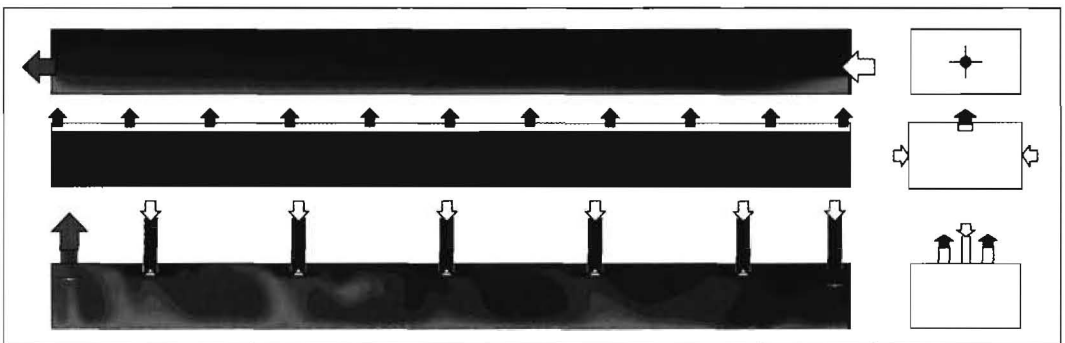


Bild 2: Konzentrationsfelder in vertikalen Längsschnitten sowie Querschnitte für drei Lüftungsvarianten

Fig. 2: Concentrations in vertical longitudinal sections as well as cross-section views for three different ventilation alternatives

tiver als die durch Luftführung im Stall bewirkte Emissionsminderung. Diese zieht zudem einen Bedarf an Spezialisten nach sich, der gewinnschmälernde Kosten verursacht. Es wird sich zeigen, ob der Landwirt und auch die Umwelt von modernen Lüftungskonzepten profitieren. Die technische Realisierbarkeit von neuen Konzepten steht außer Frage [6].

Der Vergleich von drei Lüftungsvarianten bei einem Hühnerstall (11,2 m breit, 43,2 m lang, 3,55 m hoch, 8.500 Tiere, Sommerlufrate von 68.000 m³/h) zeigt in **Bild 2** emissionsseitige Unterschiede zwischen 0,031 kg/(Tp Jahr) (oben), 0,0166 kg/(Tp Jahr) (Mitte) und 0,037 kg/(Tp Jahr) (unten). In der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft findet sich ein Vergleichswert von 0,0486 kg/(Tp Jahr) für die Jahressituation. Dargestellt sind im vertikalen Längsschnitt die Konzentrationsfelder bei der konventionellen auf dem Markt angebotenen Luftabsaugung (grau) und Luftzuführung (weiß) über First (unten). Diese Lüftung führt zu einer Längs- und Querdurchströmung. Eine reine Längslüftung ist bei der Tunnellüftung (oben) gegeben, wobei die Luft giebelseitig links abgesaugt wird und rechts zuströmt. Eine Querströmung durch Luftkanäle im First- und Traufbereich dominiert die Lüftungsvariante in Bildmitte. Mit Dunkelgrau sind konzentrationsarme und mit Hellgrau konzentrationsreiche Felder gekennzeichnet. Bei der Über-First-Lüftung wird das gesamte Stallinnere mit hohen Konzentrationen aufgemischt, während bei der Tunnellüftung zum Ausgang hin die Konzentrationen ansteigen. Der durchgesetzte Volumenstrom ist in allen Fällen gemäß DIN 18910 gleich; die emittierten Ammoniakmassenströme unterscheiden sich allerdings um 50 % zugunsten der Querlüftung.

The comparison of three ventilation variants in a chicken house (11.2 m wide, 43.2 m long, 3.55 m high, 8,500 animals, summer air rate 68,000 m³/h) illustrated in **Figure 2** shows differences in emissions between 0.031 kg (animal place-year) (above), 0.0166 kg (animal place-year) (middle), and 0.037 kg/(animal place-year) (below). The comparative value provided by the Clean Air Directive is 0.0486 kg (animal place-year) for the entire year. The vertical section shows the concentration fields under the conditions of a conventional air suction system offered on the market (grey) and air supply (white) via the ridge (below). This ventilation leads to a longitudinal and lateral air flow. Tunnel ventilation (above) is pure longitudinal ventilation. The air is sucked off via the left gable and flows in on the right side. Cross ventilation through air channels in the ridge and eaves area dominates the ventilation variant in the middle of the figure. Areas of low concentration are marked dark grey, whereas areas of high concentration are coloured light grey. Ridge ventilation mixes the air in the entire interior of the house where high concentration is predominant, whereas tunnel ventilation leads to increasing concentration towards the exit. In all cases, total volume flow is identical according to DIN 18910. The emitted ammonia mass flows, however, differ by 50% in favour of cross ventilation.

Literatur / Bibliography

- [1] -.-: Statistisches Bundesamt Deutschland unter www.destatis.de.
- [2] Schierhold, S.: Jetzt noch einsteigen? DLG-Mitteilungen 124 (2009), H. 12, S. 26-30
- [3] -.-: www.animal-health-online.de, Hähnchenfleisch: Europäischer Markt knapp versorgt – Weltweit steigender Verbrauch in 2009. Meldung vom 12.11.2009
- [4] Gärtner, A., et al.: Ermittlung der Geruchsemissionen einer Hähnchenmastanlage. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 69 (2009), S. 485-489
- [5] Naser, S.: Partikelemissionen aus der Nutztierhaltung, KTBL-Schrift 449, S. 94-103
- [6] Krause, K.-H., und S. Linke: Stofffreisetzung in Stallanlagen mit Zwangslüftung. In: Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften: Workshop Osnabrück 2003. J. Wittmann, D. K. Maretis (Hrsg.), Shaker Verlag, Aachen, 2003, S. 11-26

14 Energietechnik (Alternative Energien) Energy Engineering (Renewable Energies)

14.1 Energietechnik und Biogasgewinnung in der Innenwirtschaft Energy Engineering and Biogas Production in Livestock Farming

J. Boxberger, Th. Amon und G. Moitzl, Wien/Österreich

Energieeinsatz in der Nutztierhaltung

Durch die Verknappung von fossilen Energieträgern und den fortschreitenden Klimawandel gewinnt die Bewertung von Tierhaltungssystemen nach Ressourcenschonung und Energieeffizienz zunehmend an Bedeutung. In einer umfassenden Untersuchung [11] wurde 2009 für die Milchviehhaltung (180 Milchkühe, durchschnittliche Milchleistung von 8.000 kg/Kuh und Jahr, Liegeboxenlaufstall mit Flüssigentmistung und Halbtagsweide im Sommer) eine Energieintensität von 3,54 MJ/kg Milch ermittelt, bei der der größte Teil durch die Futterbereitstellung verursacht wurde (**Bild 1**).

Der Einsatz von elektrischem Strom in der Nutztierhaltung verursacht Kosten und es sind damit gewisse Risiken verbunden. Der Stromverbrauch in der Nutztierhaltung hängt wesentlich von der Bestandesgröße und

Energy use in farm animal husbandry

Due to the growing scarcity of fossil energy carriers and progressing climate change, the evaluation of animal housing systems based on resource protection and energy efficiency is increasingly gaining in importance. In a comprehensive study [11], an energy intensity of 3.54 MJ per kg of milk was determined for dairy cattle husbandry in 2009 (180 dairy cows, average dairy performance: 8,000 kg per cow and per year, lying box loose house with liquid demanuring and half-day pasture in the summer), of which the largest part was caused by feedstuff supply (**Fig. 1**).

The use of electricity in farm animal husbandry causes expenses and certain risks. Electricity consumption in farm animal husbandry primarily depends on herd size and the equipment used. While total consumption in

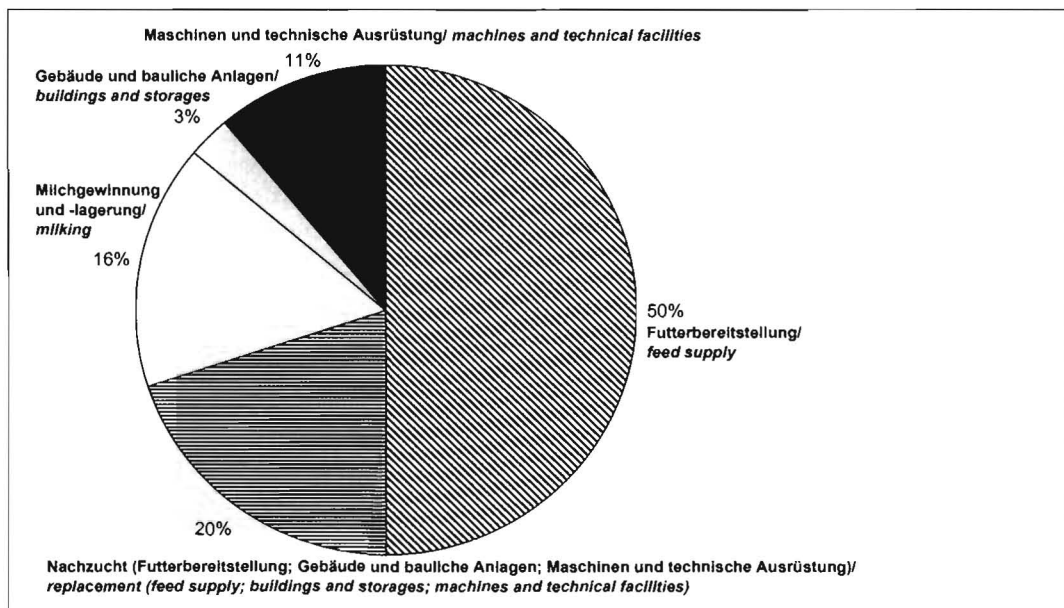


Bild 1: Aufteilung des kumulierten Energieaufwandes (KEA) in der Milchproduktion auf die einzelnen Verfahrensschritte [11]

Fig. 1: Shares of the individual process steps in relation to the Cumulative Energy Demand (CED) in milk production [11]

von der eingesetzten Technik ab. Während mit der Zahl der gehaltenen Tiere der Gesamtverbrauch in kWh/Jahr nahezu linear ansteigt, kann durch den Einsatz Energie effizienter Verfahren der Verbrauch gedrosselt werden. Dies zeigt auch ein Vergleich über eine Periode von 30 Jahren (Tafel 1).

Vergleicht man durchschnittliche spezifische Werte (bei guter technischer Ausstattung) aus Untersuchungen von 1975, 1995 und 2001, wird deutlich, dass der spezifische Leistungsbedarf in diesem Zeitraum von 1 kW/Kuhplatz auf 0,3 bis 0,4 kW/Kuhplatz und der jährliche Stromverbrauch von 600 auf 360 bis 350 kWh/Kuhplatz zurückgegangen ist. Da in dieser Zeitspanne die Milchleistung von etwa 4.000 l/Kuh und Jahr auf rund 7.000 l/Kuh und Jahr angestiegen ist, reduziert sich der milchbezogene spezifische Stromverbrauch von 0,1 kWh/l Milch auf 0,05 bis 0,06 kWh/l Milch. Während die Modelle 1975 noch von geschlossener Stallhaltung in wärmedämmten Gebäuden mit Ventilatorenlüftung ausgingen, erfolgt die Milchviehhaltung schon seit Jahren in Außenklimaställen oder in Ställen mit thermischer Lüftung.

In der Schweinehaltung überwiegen geschlossene wärmedämmte Stallungen mit Ventilatoren-Lüftungsanlagen. Insbesondere bei den hohen Luftdurchsätzen im Sommer steigt der Stromverbrauch erheblich an. Untersuchungen zeigen, dass durch intelligente Auslegung (partielle Unterflurabsaugung, angepasste Luftführung) der Lüftungsanlage der Gesamtvolumenstrom um 25 % gesenkt werden kann, wodurch neben anderen positiven Einflüssen sich auch der Energieverbrauch verringert [12].

kWh per year grows almost linearly with the number of animals kept, the use of energy-efficient techniques allows consumption to be reduced. This is also shown by a comparison over a period of 30 years (Table 1).

If one compares specific average values (on farms with good technical equipment) from studies in the years 1975, 1995, and 2001, it becomes clear that specific power requirements decreased from 1 kW per cow place to 0.3 to 0.4 kW per cow place during this period, while annual electricity consumption dropped from 600 to 360 to 350 kWh per cow place. Since dairy performance increased from about 4,000 l per cow and per year to approximately 7,000 l per cow and per year in the same period, milk-related specific electricity consumption decreased from 0.1 kWh per litre of milk to 0.05 to 0.06 kWh per litre of milk. While the models used in 1975 were still based on closed housing in temperature-insulated buildings with fan ventilation, dairy cattle has now been kept in outdoor climate houses or in animal houses with thermal ventilation for years.

In pig husbandry, closed, temperature-insulated housing with fan ventilation systems is predominant. Especially at high air rates in the summer, electricity consumption rises significantly. Studies show that an intelligent design of the ventilation system (partial underfloor suction, adapted air conduction) allows the total volume flow to be reduced by 25%, which reduces energy consumption in addition to other positive effects [12].

Emergency power supply

In modern farm animal husbandry, reliable electricity supply is a necessity because even short interruptions can cause life-threatening situations for the animals

Ø Milchleistung/ Ø milk performance	Leistungsbedarf/ Power requirement [kW/Kuhplatz]/ [kW/cow]	Jährl. Stromverbrauch/ yearly power-consumption/ [kWh/Kuhplatz]/ [kWh/cow]	Spez. Stromverbrauch/ Specific power-consumption [kWh/l Milch]/ [kWh/l milk]
1975* : 4000 l/a	1	600	0,1
1995** : 5000 l/a	0,3	360	0,06
2001*** : 7000 l/a	0,4	350	0,05

Datenbasis: * Modelle, 49 Praxisbetriebe, ** Modelle, 5 Praxisbetriebe, *** 35 Praxisbetriebe Ayik, 1975 [3], Jauschnegg 1999 [10], Clausen 2001 [6]

Tafel 1: Entwicklung des spezifischen elektrischen Leistungs- und Strombedarfes in der Milchviehhaltung [5]
Table 1: Development of the specific electrical performance and electricity demand in dairy farming [5]

Notstromversorgung

In der modernen Nutztierhaltung ist man auf eine sichere Stromversorgung angewiesen, da bereits bei kurzen Unterbrechungen lebensbedrohliche Situationen für die Tiere eintreten können (Ausfall von Lüftungs- und Klimaanlage sowie Einrichtungen zur Futter- und Wasserversorgung). Besondere Probleme entstehen bei zunehmender Automatisierung. Beispiele dafür sind Stallklimacomputer und automatische Melksysteme, die im 24-Stunden-Einsatz verfügbar sein müssen.

Während Schäden durch Netzüberlastung oder Grabungs- und Holzfällarbeiten durch Netzausbau und rasch verfügbare Reparaturdienste kurzfristig behoben werden können, führen Naturkatastrophen zu einem längerfristigen Ausfall der Stromversorgung, gegen die man sich am besten durch eine Notstromversorgung absichert. Dabei unterscheidet man zwischen stationären Generatoren (Zapfwellengenerator oder Kompaktgenerator) und mobilen Generatoren (Kompaktaggregat oder Traktor mit eingebautem Generator). Bei der Notstromversorgung einer Stallanlage können stationäre oder mobile Generatoren eingesetzt werden. Da in der Landwirtschaft normalerweise Traktoren zum Antrieb eines Notstromaggregates vorhanden sind, werden vorwiegend mobile zapfwellengetriebene Generatoren eingesetzt. Die erforderliche Antriebsleistung des Traktors muss aus dem Leistungsbedarf der zu versorgenden Stromverbraucher berechnet werden [2].

Zukünftig ist zu erwarten, dass Traktoren mit eingebauten Generatoren angeboten werden (ein Hersteller bietet bereits einen derartigen Traktor an). Mit am Traktor eingebauten Wechselstromsteckdosen steht dann in einem bestimmten Umfang elektrische Leistung für die Notstromversorgung zur Verfügung. Wegen der begrenzten Leistung kann es erforderlich werden, nur absolut notwendige Einrichtungen zu versorgen.

Während im PKW-Sektor die Hybridtechnologie (Micro, Mild, Full) für den Antrieb bereits Eingang gefunden hat, steht diese im Landtechnik-Sektor erst am Beginn. 2007 wurden der Hybrid-Radlader (Deutz AG) und ein Traktor der Firma John Deere als Mildhybrid präsentiert. Der JD 7530 E Premium ist mit einem Kurbelwellengenerator (20 kW) ausgestattet, der die elektrischen Nebenaggregate (Lüfter, Kühlwasserpumpe, Klima- und Druckluftkompressor) versorgt. Neben einer Kraftstoffeinsparung von bis zu 5 % gibt es eine Schnittstelle für externe Verbraucher mit 230 V und 400 V [4].

(breakdown of ventilation and climate control as well as equipment for feed and water supply). Increasing automation leads to particular problems. Examples of such systems are animal house climate computers and automatic milking systems which must function 24 hours per day.

While damage due to overloading of the public mains network or digging and woodcutting can be eliminated quickly thanks to the extension of the mains network and quickly available repair services, natural catastrophes lead to longer power outages against which emergency power supply is the best protection. Emergency power units can be stationary (PTO or compact generator) or mobile units (compact unit or a tractor with a built-in generator). Both stationary and mobile units can be used for emergency power supply in an animal house. Since tractors are normally available in order to drive an emergency power unit in agriculture, primarily mobile PTO-driven generators are used. The necessary driving power of the tractor must be calculated based on the power requirements of the electricity consumers to be supplied [2].

One can expect that tractors with built-in generators will be offered in the future. (One manufacturer already offers such a tractor.) Alternating current sockets on the tractor provide electric power for emergency power supply to a certain extent. However, the limited power may require that power supply must be restricted to absolutely necessary equipment.

While hybrid drive technology (micro, mild, full) has already established itself in the car sector, its development in the agricultural machinery sector is still at the beginning stage. In 2007, a hybrid wheeled loader (Deutz AG) and a mild hybrid tractor from John Deere were presented. The JD 7530 E Premium is equipped with a crankshaft generator (20 kW), which supplies the electric ancillary units (fan, cooling water pump, climate control and pressurized air compressor) with power. In addition to fuel savings of up to 5%, this unit provides an interface for external 230 V and 400 V consumers [4].

Biogas production from liquid manure and renewable raw materials

While agricultural biogas production was exclusively based on liquid manure as a raw material at the beginning, the use of renewable raw materials and in particular maize, whole cereal plant silage, and grass has meanwhile been extended considerably. The "slurry bonus" introduced by the revised Renewable Energy Act

Biogasgewinnung aus Flüssigmist und nachwachsenden Rohstoffen

Während ursprünglich die landwirtschaftliche Biogasgewinnung ausschließlich auf der Rohstoffbasis Flüssigmist beruhte, hat sich zwischenzeitlich der Einsatz nachwachsender Rohstoffe, vor allem von Mais, Getreideganzpflanzensilage und Gras, beträchtlich ausgeweitet. Mit dem im Rahmen der Novellierung des EEG eingeführten „Güllebonus“ werden für landwirtschaftliche Betriebe mit Tierhaltung Anreize gesetzt, Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen zu verwerten [8].

Aus einer Analyse in Bayern geht hervor, dass 2007 in 77,2 % der Biogasanlagen Mischungen aus nachwachsenden Rohstoffen und Wirtschaftsdüngern eingesetzt wurden [7]. Nach einer österreichischen Untersuchung werden 63 % als Kofermentationsanlagen und 27 % als rein landwirtschaftliche Anlagen mit Substraten aus der Tierhaltung betrieben [9].

Die spezifischen Methanerträge bei der Vergärung von Wirtschaftsdüngern werden maßgeblich durch deren

provides incentives for livestock farms to use manure in biogas plants [8].

An analysis in Bavaria shows that mixtures of renewable resources and manure were used in 77.2% of the biogas plants in 2007 [7]. According to an Austrian study, 63% of the biogas plants are run as cofermentation systems, while 27% are purely agricultural plants operated with substrates from livestock farming [9]. The specific methane yields provided by the fermentation of manure are largely influenced by the material composition of the manure and, hence, also by the feedstuff consumed by the farm animals [1]. Excrement which has a high crude protein content and a low lignin content has greater methane formation potential in biogas plants. In addition, dwell times are extended in order to provide high methane yields, which results in a very large volume of the plants. Since the desirable conditions for hydrolysis/acidification and methane formation are not reached, twostage process control with an upstream hydrolysis stage is recommended in order to shorten the dwell time [7].

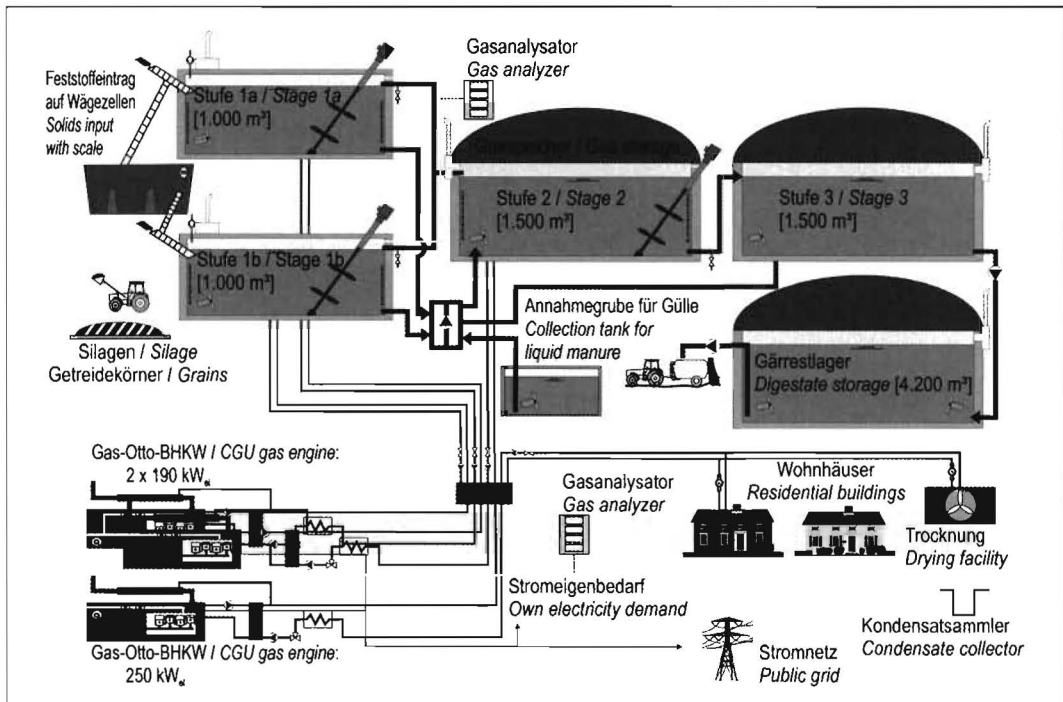


Bild 2: Schema einer modernen Biogasanlage mit Vergärung von Mischungen nachwachsender Rohstoffe mit Wirtschaftsdüngern [7]

Fig. 2: Scheme of a modern biogas plant for the fermentation of mixtures of renewable raw materials and slurry from animal husbandry [7]

stoffliche Zusammensetzung und somit auch durch die Fütterung der Nutztiere beeinflusst [1]. Exkreme, die einen hohen Rohproteingehalt und einen geringen Ligningehalt aufweisen, haben ein höheres Methanbildungspotenzial in Biogasanlagen. Daneben werden hohe Methanausbeuten durch längere Verweilzeiten angestrebt, wodurch es zu sehr großvolumigen Anlagen kommt. Da die wünschenswerten Bedingungen für die Hydrolyse/Versäuerung und die Methanbildung nicht erreicht werden, wird empfohlen, über eine zweistufige Prozessführung mit vorgeschalteter Hydrolysestufe die Verweilzeit zu verkürzen [7].

Literatur / Bibliography

- [1] *Amon, T., et al.*: Biogas production from maize and dairy cattle manure – Influence of biomass composition on the methane yield. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118 (2007), S. 173-182
- [2] *Autorenkollektiv*: Notstromversorgung in der Landwirtschaft. ÖKL-Merkblatt 96. Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung, Wien, 2010
- [3] • *Ayik, M.*: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes wichtiger Bereiche in der Milchviehhaltung. Dissertation, TU München-Weihenstephan, 1975
- [4] *Aumer, W., et al.*: Elektrischer Traktor: Vision oder Zukunft? *Landtechnik* 63 (2008), H. 1, S. 14-15
- [5] *Boxberger, J., und G. Moitzl*: Energieeinsatz in der Landwirtschaft im Wandel. KTBL-Schrift 463 Energieeffiziente Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, 2008, S. 7-16
- [6] *Clausen, N.*: Elektrischer Leistungs- und Energiebedarf bei verschiedenen Verfahren der Milchgewinnung in unterschiedlichen Betriebsgrößen. Tagungsband Bau, Technik und Umwelt. Institut für Agrartechnik, Hohenheim, 2001, S. 170-175
- [7] *Effenberger, M., und V. Aschmann*: Stand der Technik und Wissenschaft in der Biogasgewinnung. In: CARMEN Jahrbuch 2008/2009, CARMEN e.V., Straubing, S. 353-257
- [8] *Gronauer, A., et al.*: Tierhaltung und Biogas – Herausforderung und Chance für die Landwirtschaft. In: Neue Perspektiven für Biogas. Schriftenreihe LfL Freising, 2008, S. 67-87
- [9] • *Hopfner-Sixt, K.*: Analyse von Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Entwicklungsperspektiven landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2005
- [10] • *Jauschnegg, H.*: Einsatz des Betriebsmittels Strom in der österreichischen Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung und Möglichkeiten einer Optimierung. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 1999
- [11] • *Kraatz, S.*: Ermittlung der Energieeffizienz in der Tierhaltung am Beispiel der Milchviehhaltung. Dissertation, Humboldt-Universität, Berlin, 2009
- [12] *Krause, K.-H., et al.*: Mit intelligenter Lüftung gehen Tiergesundheit, Umweltschutz und Energieeinsparung zusammen. *Landtechnik* 65 (2010), H. 1, S. 15-19

15 Agrartechnik in Tropen- und Transformationsländern

Agricultural Engineering in the Tropics and in Transformation Countries

15.1 Agrartechnik in Tropen und Subtropen

Agricultural Engineering in the Tropics and Subtropics

J. Müller, Stuttgart-Hohenheim

Bewässerung

Das Wachstum der Weltbevölkerung spiegelt sich im globalen Wasserverbrauch wider. Dabei ist die Aufteilung der Wasserressourcen in die Bereiche Landwirtschaft, Industrie und Haushalte regional unterschiedlich. Während in den USA und Europa der Wasserbedarf für die Industrie überwiegt, weist in den Entwicklungsländern die Landwirtschaft mit deutlich über 80 % den größten Bedarf auf [1]. Die hier überwiegend eingesetzte Beckenbewässerung verursacht systembedingte Versickerungsverluste in Höhe von 40 %, meist jedoch mehr. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Wasserverknappung kommt wassersparenden Bewässerungsmethoden vermehrt Bedeutung zu. Die Mikrobewässerung ist eine der effizientesten Methoden, da hierbei das Wasser bedarfsgerecht der Wurzelzone zugeführt wird und somit Verluste durch Versickerung und unproduktive Verdunstung minimiert werden. Um weiteres Wasser einzusparen, wird an Methoden der Defizitbewässerung gearbeitet. Hierbei werden Pflanzen unter zeitlich und räumlich dosierten Trockenstress gesetzt, um die natürlichen Anpassungsmechanismen der Pflanzen zu nutzen. Eine besondere Form der Defizitbewässerung stellt hierbei das partial rootzone drying (PRD) dar, wobei das Wasser abwechselnd in einem Intervall von zehn bis 14 Tagen auf jeweils eine Hälfte der Wurzelzone appliziert wird [2]. Das trockenfallende Wurzelsystem bildet chemische Signale, welche noch nicht vollständig verstanden sind, wobei jedoch Abscisinsäure eine tragende Rolle spielt. Abscisinsäure wird zu den Blättern transportiert und reduziert dort die stomatare Leitfähigkeit. Da hierbei die Photosynthese weniger verringert wird als die Transpiration, wird die Wassernutzungseffizienz gesteigert. Spreer et al. setzten diese Methode bei Mango in Thailand ein. Dabei wurde der Ertrag trotz Halbierung der Bewässerungsmenge nur wenig reduziert. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass die Qualität der Früchte bezüglich Farbe, Festigkeit, Zucker-Säure-Verhältnis und Zuckerzusammensetzung durch die Defizitbewässerung nicht vermindert wurde.

Irrigation

The growth of the world population is reflected by global water consumption. However, the distribution of the water resources over the sectors agriculture, industry, and households is regionally different. While the water demand of industry is predominant in the USA, the requirements of agriculture clearly account for the largest share in the developing countries (80%) [1]. The basin irrigation technique predominantly applied in these countries causes system-related seepage losses of 40%. In most cases, the percentage is even higher. Given increasing water scarcity, water-saving irrigation methods are becoming more and more important. Microirrigation is one of the most efficient methods because it provides demand-oriented water supply to the root zone and thus minimizes losses due to seepage and unproductive evaporation. In order to save more water, methods of deficit irrigation are being developed. Here, the plants are put under temporally and spatially defined drought stress in order to use their natural adaptation mechanisms. A special form of deficit irrigation is partial rootzone drying (PRD), which means that the water is applied alternately to one half of the root zone in an interval of 10 to 14 days [2]. The dry root system sends chemical signals, which are not yet fully understood. However, abscisic acid plays a main role in this system. Abscisic acid is transported to the leaves and reduces stomatic conductivity there. Since photosynthesis is reduced less than transpiration during this process, water utilization efficiency is increased. Spreer et al. applied this method for mango cultivation in Thailand. Even though irrigation quantity was reduced by 50%, yield decreased only slightly. In addition, experience has shown that deficit irrigation did not deteriorate the quality of the fruit with regard to colour, firmness, sugar/acid ratio, and sugar composition. The PRD variant even showed significant advantages with regard to fruit size distribution and the percentage of utilizable pulp [3 to 5]. Only after five years, however, do the additional proceeds cover the greater



Bild 1: Aufheizung eines versiegelten Blattes. Durch künstlichen Verschluss der Stomata kann das Blatt nicht transpirieren [8]

Fig. 1: Heating-up of a sealed leaf. Due to artificial stomatal closure, the leaf cannot transpire [8]

Bezüglich der Fruchtgrößenverteilung und des Anteils an verwertbarem Fruchtfleisch zeigte die PRD-Variante sogar signifikante Vorteile [3 bis 5]. Der Mehrerlös deckt jedoch erst nach fünf Jahren die Mehrkosten für die aufwändigere Anlageninstallation. Falls das Wasser künftig nicht mehr wie bislang als staatliche Subvention kostenfrei bereitgestellt wird, führt der Wasserspareffekt zu kürzeren Amortisationszeiten [6]. Um dem Problem der hohen Investitionskosten zu begegnen, laufen für den Einsatz in Entwicklungsländern Bestrebungen, lokal herzustellende Mikrobewässerungssysteme zu entwickeln. Hierbei dienen indigene Techniken als Vorbild. So werden beispielsweise in Indien unglasierte Tonbehälter in den Boden eingegraben, durch deren Wandungen das Wasser langsam an die Wurzelzone abgegeben wird. An der Universität Rostock wird nun an Materialien geforscht, um basierend auf dieser Technik poröse Rohre für die Unterflurbewässerung zu entwickeln [7].

Ebenso wichtig wie die Applikationstechnik ist das Bewässerungsmanagement bezüglich Zeitpunkt und Menge der Wassergabe. Ein bewährtes Hilfsmittel stellen hierbei Bodenfeuchtesensoren, wie etwa Tensiometer, dar. Allerdings müssen für unterschiedliche Kulturen und Anbaubedingungen immer noch geeignete Schaltepunkte ermittelt werden. Für die Bewässerung von Raps

expenses for the installation of more sophisticated irrigation systems. If the water is no longer supplied free of charge as a government subsidy like in the past, the water savings effect leads to shorter-pay-off times [6]. In order to address the problem of high investment costs, efforts are being made to develop microirrigation systems to be produced locally for use in developing countries. Here, indigenous techniques serve as models. In India, for example, unglazed clay containers whose walls slowly give off the water to the root zone are buried in the soil. At the University of Rostock, materials are currently being studied in order to develop porous tubes for underfloor irrigation based on this technology [7].

Irrigation management with regard to the time and quantity of water supply is as important as the application technique. Soil moisture sensors, such as tensiometers, are proven aids for this purpose. However, suitable switching points must still be determined for different crops and cultivation conditions. For rapeseed irrigation in Brazil, for example, a suction tension of 20 kPa at a soil depth of 25 cm was found to be the optimal switch-on value for irrigation [9]. New approaches are being applied in order to try to measure drought stress directly at the plant. The visualization of leaf temperature with the aid of a thermal camera is a suit-



Bild 2: *Jatropha curcas* Früchte (links) und Samen (rechts) [13]

Fig. 2: *Jatropha curcas* fruits (left) and seeds (right) [13]

in Brasilien wurde beispielsweise eine Saugspannung von 20 kPa in 25 cm Bodentiefe als optimaler Einschaltwert für die Bewässerung gefunden [9]. In neuen Ansätzen wird versucht, den Trockenstress direkt an der Pflanze zu messen. Hierzu eignet sich die Visualisierung der Blatttemperatur mit Hilfe einer Thermokamera. Bei guter Wasserversorgung sind die Stomata bei Sonneneinstrahlung geöffnet und die Blattfläche wird durch den Entzug der Verdunstungswärme gekühlt, wobei Temperaturen nahe der Kühlgrenztemperatur, also deutlich unterhalb der Umgebungstemperatur, erreicht werden können [8]. **Bild 1** zeigt eine thermografische Aufnahme von Mangoblättern, wobei eines der Blätter mit Paraffin versiegelt wurde. Dadurch wurde die Verdunstung unterbunden und die Temperatur war deutlich höher als bei den unbehandelten Blättern. Bei Wassermangel wird die Transpiration ebenfalls eingeschränkt und die Blatttemperatur steigt proportional zum stomatären Widerstand. Als Referenztemperaturen werden feuchte und trockene Standardflächen im Bildausschnitt platziert. Aus der relativen Lage der Blatttemperatur zwischen diesen beiden Extremen wird ein Maß für den Trockenstress, der crop water stress index (CWSI), abgeleitet [10; 11]. Diese Methode bedarf noch weiterer Forschung, bevor sie in der Praxis eingesetzt werden kann, und obwohl die Kosten für Thermokameras in der letzten Zeit deutlich gesunken sind, wird der Einsatz vorläufig auf den Einsatz in großen Betrieben begrenzt sein.

able technique for this purpose. If water supply is good, the stomata are opened when the plant is exposed to solar radiation and the leaf area is cooled through the dissipation of evaporation heat. This allows temperatures near the wet bulb temperature to be reached, which lies considerably below the ambient temperature [8]. **Figure 1** shows a thermographic image of mango leaves, one of which was sealed with paraffin. This prevented evaporation, and the temperature was considerably higher than in untreated leaves. If water is scarce, transpiration is also reduced, and leaf temperature increases proportionally to stomatic resistance. Moist and dry standard areas are placed in the image section as reference temperatures. From the relative position of leaf temperature between these two extremes, the crop water stress index (CWSI) is deduced as a measure of drought stress [10; 11]. This method still requires further research before it can be applied in practice. Even though the costs of thermal imaging cameras have recently fallen significantly, the application of this method will be limited to large farms for the time being.

Energy engineering

Given dwindling reserves of fossil fuels as well as growing efforts aimed at the reduction of CO₂ emissions, the use of bioenergy is subsidized through government programmes. The import of bioenergy carriers from developing countries (like palm oil from Indonesia) is leading to growing concerns regarding the reliability of

Energietechnik

Vor dem Hintergrund schwindender Vorräte an fossilen Energieträgern sowie zunehmender Anstrengungen zur Reduktion von CO₂-Emissionen wird in vielen Ländern der Einsatz von Bioenergie durch staatliche Programme gefördert. Der Import von Bioenergieträgern aus Entwicklungsländern, wie zum Beispiel Palmöl aus Indonesien, führt zu wachsenden Bedenken bezüglich der Nahrungssicherung und des Ressourcenschutzes in den Herkunftsländern. Mit aus diesem Grund mag auch das Interesse an *Jatropha curcas* so hoch sein – eine ölliefernde Pflanze, welche über giftige Inhaltsstoffe als Fraßschutz verfügt und deshalb keine direkte Konkurrenz zur Nahrungsproduktion darstellt [12]. **Bild 2** zeigt die Früchte und Samen der Pflanze.

Als Grundlage für die Entwicklung und Optimierung von Geräten und Verfahren zur Verarbeitung der bislang noch wenig untersuchten Samen müssen die physikalischen Stoffeigenschaften bekannt sein. Hierzu wurden an der Universität Hohenheim grundlegende Eigenschaften wie Tausendkornmasse, spezifische Oberfläche, Schüttdichte, Schüttwinkel, Reibungskoeffizient und Spannungs-Dehnungs-Verhalten ermittelt. Darüber hinaus wurde ein Modell für den Zusammenhang zwischen Samenmasse und Schwebegeschwindigkeit entwickelt, welches nun zur pneumatischen Klassierung der Samen herangezogen werden kann [14]. Die Ölgewinnung aus *J. curcas* erfolgt durch mechanische Extraktion mit Hilfe von Spindelpressen. Hierzu wurden die Geräteeinstellungen bezüglich Drehzahl, Düsengröße, Spindelgeometrie und Presskorbblockung variiert, um die Auswirkungen auf Durchsatz, Ölausbeute und Ölqualität zu untersuchen. Es hat sich gezeigt, dass Durchsatz und Ölausbeute negativ korreliert sind und dass die Temperaturen von Öl und Presskuchen mit Durchsatz und Ölausbeute aufgrund zunehmender mechanischer Belastung ansteigen, wodurch die Qualität gemindert wird [13]. Die ernährungsphysiologische Qualität des Presskuchens ist relevant, weil daraus durch ein neu entwickeltes Entgiftungsverfahren ein wertvolles Proteinkonzentrat für die Tierernährung hergestellt werden kann [15]. Das Öl enthält nach dem Pressen noch eine große Menge an Schwebstoffen, welche durch Sedimentation abgeschieden werden. Dazu eignet sich ein in Weihenstephan entwickeltes kontinuierliches Verfahren [16]. Der Sedimentationsprozess konnte dabei durch eine Temperaturerhöhung von 20 °C auf 50 °C um das Zehnfache beschleunigt werden [17]. Weitere Inhaltsstoffe wie Phosphor, Calcium und Magnesium sowie freie Fettsäuren bei gealterten Pflanzenölen

food production and resource protection in the countries of origin. This might also be the reason why the interest in *Jatropha curcas* is so strong. This is an oil-producing plant which contains poisonous substances in order to protect itself from being fed on and is therefore not in direct competition with food production [12]. **Figure 2** shows the fruits and seeds of the plant.

As a basis for the development and optimization of equipment and techniques for the processing of the seeds, on which only little research has been carried out so far, their physical properties must be known. For this purpose, basic properties such as thousand-grain mass, specific surface, bulk density, angle of repose, friction coefficient, and stress-strain behaviour were determined at the University of Hohenheim. In addition, a model for the correlation between seed mass and terminal velocity was developed which can now be used for the pneumatic classification of the seeds [14]. Oil from *J. curcas* is extracted mechanically with the aid of screw presses. For this purpose, the equipment settings were varied with regard to rotational speed, nozzle size, screw geometry, and press basket perforation in order to examine the effects on throughput, oil yield, and oil quality. The results showed that throughput and oil yield are negatively correlated and that the temperatures of the oil and the press cake increase with throughput and oil yield due to the growing mechanical load, which reduces quality [13]. The nutrition-physiological quality of the press cake is relevant because a newly developed detoxication technique allows valuable protein concentrate for animal nutrition to be produced. After pressing, the oil still contains a large quantity of suspended matter, which is separated through sedimentation. A continuous technique developed in Weihenstephan is suitable for this process [16]. The sedimentation process could be accelerated tenfold if the temperature were increased from 20°C to 50°C [17]. Other components, such as phosphorus, calcium, and magnesium, as well as free fatty acids in aged vegetable oils, cause deposit formation during combustion processes [18 to 21]. Since the determination of these components in the laboratory is relatively complicated, multiple linear regression analysis was used to correlate susceptibility to deposition with standard values of oil quality determination. The following limits were deduced as a recommendation for the avoidance of deposits during the combustion of *jatropha* oil: acid number below 6 mg KOH/g, water content below 0.15%, and ash content below 0.10% [22].

The least competition with food production can be expected from biogas production that uses waste [23].

verursachen Ablagerungen bei Verbrennungsprozessen [18 bis 21]. Da die Laborbestimmung dieser Komponenten relativ aufwändig ist, wurde die Ablagerungsneigung durch multiple lineare Regressionsanalyse auf Standardgrößen der Ölqualitätsbestimmung zurückgeführt. Als Empfehlung für die Vermeidung von Ablagerungen bei der Verbrennung von Jatrophaöl konnten folgende Grenzwerte abgeleitet werden: Säurezahl unter 6 mg KOH/g, Wassergehalt unter 0,15 % und Aschegehalt unter 0,10 % [22].

Die geringste Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion ist bei der Biogasproduktion aus Abfallstoffen zu erwarten [23]. Bei der Verarbeitung von Bananen zu Trockenprodukten fallen beispielsweise große Mengen an Strüngen und Schalen an, für welche mit 0,256 und 0,367 m³ pro kg organischer Trockensubstanz ein beachtlicher Methanertrag ermittelt wurde [24]. Je nach Größe einer Anlage und Art der Energiekonversion des Biogases zu Strom und Wärme ergeben sich unterschiedliche Potenziale bezüglich der Minderung klimarelevanter Emissionen [25; 26]. Der Gärrest stellt einen wertvollen Dünger dar, welcher nach der Trocknung ein transportwürdiges Produkt ergibt [27]. Für die Gärrestaufbereitung kommen unterschiedliche Verfahren in Frage. Bei der Untersuchung der Umweltbelastung im Rahmen einer Ökobilanzierung hat sich die Trocknung mit Solarenergie als vorteilhaft erwiesen [28]. Aus technischer Sicht lassen sich Gärreste auch in Verbrennungsanlagen als Monobrennstoffe thermisch nutzen, allerdings entweichen dabei die Stickstoffkomponenten in Form umweltbelastender NO_x-Emissionen in die Atmosphäre und gehen somit für die Düngung verloren [29]. Die stoffliche Nutzung des Gärrestes als Dünger ist deshalb der Verbrennung vorzuziehen.

When bananas are processed to dry products, large quantities of stems and peels remain, for which a considerable methane yield was determined (0.256 and 0.367 m³ per kg of organic dry matter) [24]. Depending on the size of a plant and the kind of energy conversion from biogas into electricity and heat, the potential reduction of climate-relevant emissions is different [25; 26]. Digestate is valuable fertilizer, which is a product worth transporting after drying [27]. Different techniques can be considered for fermentation residue processing. When environmental pollution was studied as part of ecological balancing, drying with solar energy has proven advantageous [28]. From a technical viewpoint, fermentation residues can also be used thermally as monofuels in combustion plants. During this process, however, the nitrogen components are released into the atmosphere in the form of polluting NO_x emissions and are therefore lost for fertilizing [29]. For this reason, the material use of the fermentation residues as fertilizer is preferable to combustion.

Literatur / Bibliography

- [1] Müller, J.: Wasser der limitierende Faktor – Bereitstellungs- und Nutzungsstrategien. In: Parlamentarischer Abend – Spannungsfeld: Landwirtschaft – Ernährung – Bioenergie, 16.10.2008, Berlin (Germany)
- [2] Stoll, M., B. Loveys und P. Dry: Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany* 51 (2000), H. 350, S. 1627-1634
- [3] Spreer, W., et al.: Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruits (*Mangifera indica*, L., cv. 'Chok Anan'). *Agricultural Water Management* 88 (2007), H. 1-3, S. 173-180
- [4] Spreer, W., et al.: Yield and fruit development in mango (*Mangifera indica* L., cv. Chok Anan) under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management* 96 (2009), H. 4, S. 574-584
- [5] • Spreer, W.: Influence of different irrigation regimes on fruit growth, yield and quality parameters of mango (*Mangifera indica*, L. cv. 'Chok Anan'). Dissertation, Universität Hohenheim, 2008
- [6] Satienperakul, K., et al.: Economic evaluation of different irrigation regimes in mango production in Northern Thailand. *Acta Horticulturae* 831 (2009), S. 293-300
- [7] Dührkoop, A., F. Saathoff und C. Dede: Material investigations for an efficient auto regulative subsurface irrigation method with permeable pipes. In: Tropentag 2009 – Biophysical and socio-economic frame conditions for the sustainable management of natural resources, 6.-8.10.2009, Hamburg (Germany)

- [8] Spreer, W., C. Jantschke und J. Müller: Thermofotografie zur Erfassung der Variabilität von stomatärer Leitfähigkeit an Mangobäumen. *Landtechnik* 61 (2006), Sonderheft, S. 330-331
- [9] Bilibio, C., et al.: Optimising water use in irrigated rapeseed areas in Brazil. In: Tropentag 2009 – Biophysical and socio-economic frame conditions for the sustainable management of natural resources, 6.-8.10.2009, Hamburg (Germany)
- [10] Zia, S., et al.: Non-invasive water status detection in grapevine (*Vitis vinifera* L.) by thermography. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 2 (2009), H. 4, S. 46-54
- [11] Srikesetarakul, U., et al.: Wind speed affects drought stress monitoring in mango and longan by thermal photography. In: ISHS 6th International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops, 2.-6.11.2009, Vina del Mar (Chile)
- [12] Makkar, H. P. S., und K. Becker: *Jatropha curcas*, a promising crop for the generation of biodiesel and value-added coproducts. *European Journal of Lipid Science and Technology* 111 (2009), H. 8, S. 773-787
- [13] Karaj, S., und J. Müller: Optimierung der mechanischen Ölgewinnung aus Jatrophenkernen (Optimization of mechanical extraction of *Jatropha curcas* seeds). *Landtechnik* 64 (2009), H. 3, S. 164-167
- [14] Karaj, S., und J. Müller: Determination of physical, mechanical and chemical properties of seeds and kernels of *Jatropha curcas* L. *Industrial Crops and Products* 32 (2010), H. 2, S. 129-138
- [15] Makkar, H. P. S., G. Francis und K. Becker: Protein concentrate from *Jatropha curcas* screw-pressed seed cake and toxic and antinutritional factors in protein concentrate. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88 (2008), H. 9, S. 1542-1548
- [16] Remmele, E., und B. Widmann: Purification of cold pressed rapeseed oil to use as a fuel for adapted diesel engines. In: 12th European Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 17.-21.06.2002, Amsterdam (Netherlands)
- [17] Karaj, S., und J. Müller: Clarification of *Jatropha curcas* L. oil for direct use in plant oil stoves. In: Proceedings Tropentag 2009: International Research and Food security, Natural Resource Management and Rural Development, 6.-8.10.2009, Hamburg (Germany)
- [18] Kratzeisen, M., und J. Müller: Effect of fatty acid composition of soybean oil on deposit and performance of plant oil pressure stoves. *Renewable Energy* 34 (2009), H. 11, S. 2461-2466
- [19] Kratzeisen, M., und J. Müller: Influence of phosphorus content of coconut oil on deposit and performance of plant oil pressure stoves. *Renewable Energy* (2010), im Druck
- [20] Kratzeisen, M., und J. Müller: Influence of calcium and magnesium content of coconut oil on deposit and performance of plant oil pressure stoves. *Fuel* 89 (2010), H. 1, S. 59-66
- [21] Kratzeisen, M., und J. Müller: Influence of free fatty acid content of coconut oil on deposit and performance of plant oil pressure stoves. *Fuel* 89 (2010), H. 7, S. 1583-1589
- [22] Kratzeisen, M., und J. Müller: Prediction of deposit formation during combustion of *Jatropha* oil from standard quality parameters. *Fuel* (2010), im Druck
- [23] Müller, J.: Global relevance and potential of bioenergy for regional development (keynote). In: International Conference Progress in Biogas, 18.-21.09.2007, Stuttgart (Germany), S. 7-12
- [24] Khan, T. M., et al.: Anaerobic digestion of banana waste, a potential source of energy in Uganda. In: Proceedings Tropentag 2009: International Research and Food security, Natural Resource Management and Rural Development, 6.-8.10.2009, Hamburg (Germany)
- [25] Lansche, J., und J. Müller: Life cycle assessment of agricultural biogas production systems. In: Proceedings of the XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR) – Section IV: Rural Electricity and Alternative Energy Sources, 13.-17.06.2010, Quebec City (Canada)
- [26] Wegener, J. K., und W. Lücke: Greenhouse gas emission mitigation potential of different technologies used for converting biogas into effective energy in Germany. *Applied Engineering in Agriculture* 25 (2009), H. 1, S. 109-118
- [27] Maurer, C., und J. Müller: Kombination von Solarenergie und BHKW-Abwärme zur Trocknung von Biogas-Gärresten. *Landtechnik* 64 (2009), H. 5, S. 336-338
- [28] Rehl, T., et al.: Environmental impact of different types of biogas effluent processing. In: 65th International Conference on Agricultural Engineering AgEng 2007, 9.-10.11.2007, Hannover (Germany), S. 323-333
- [29] Kratzeisen, M., et al.: Applicability of biogas digestate as solid fuel. *Fuel* (2010), im Druck

16 Kommunaltechnik Municipal Engineering

16.1 Straßenreinigung, Abfallsammelfahrzeuge Street Cleaning, Refuse Collection Vehicles

M. Geimer, Karlsruhe

Entwicklungstrends

Die Entwicklung von Nutzfahrzeugen wird derzeit durch die Abgasgesetzgebung getrieben. 2009 wurde festgelegt, welche Grenzwerte bei Euro VI einzuhalten sind. Die Einhaltung wird ab 31. 12. 2013 bindend.

Hybridantriebe stehen nach wie vor im Fokus der Entwicklung. Es können vermehrt Prototypen in verschiedenen Einsätzen beobachtet werden. Stadtbusse und Müllsammelfahrzeuge sind die im Kommunalbereich favorisierten Fahrzeuge zur Integration eines Hybridantriebes.

Im Bereich der Steuerungstechnik ist weiter ein Trend zur Vereinfachung der Bedienung zu erkennen. Der Fahrer soll von Routinetätigkeiten entlastet werden und sich auf den Kernprozess konzentrieren können. Aus diesem Grund sind elektronische Steuerungen in Kommunalfahrzeugen weiter auf dem Vormarsch, durch die auch automatisierte Abläufe einfach realisiert werden können.

Abgasgesetzgebung

Im Bereich der mobilen Arbeitsmaschinen werden neue Grenzwerte der Stufe IIIB (Europa) und Tier 4 interim (USA) ab 2011 bindend, beginnend bei Motoren kleiner Leistungsklassen. Eine weitere Verschärfung erfolgt ab 2014 durch die Stufe IV und Tier 4 final.

Kommunalfahrzeuge werden üblicherweise als LKW zugelassen, so dass sie unter die Gesetzgebung der Nutzfahrzeuge fallen. Für diese Fahrzeuge wurden 2009 die folgenden Grenzwerte der Stufe Euro VI festgelegt, die ab 31. 12. 2013 bindend sind: Partikel 0,01 g/kWh und Stickoxide 0,4 g/kWh [1, 2]. Zur Erreichung der Stufe Euro V ist es erforderlich, entweder eine Abgasrückführung und Dieselpartikelfilter zu verwenden oder ein SCR-System (Selektive Katalytische Reduktion) einzusetzen. Nach heutigem Kenntnisstand ist zur Erreichung der Stufe VI eine Kombination beider Systeme erforderlich.

Abfallsammelfahrzeuge

Hybridantriebe besitzen das Potenzial, Effizienzsteigerungen in Maschinen zu ermöglichen, durch die eine

Development trends

The development of utility vehicles is currently being stimulated by exhaust emission legislation. In 2009, the Euro VI limits were determined. Compliance with these regulations will be binding as of 31st December 2013.

The development is still focusing on hybrid drives. A growing number of prototypes can be observed in different applications. City buses and refuse collection vehicles are the vehicles favoured in the municipal area for the integration of a hybrid drive.

In control technology, the trend towards simplified operation is continuing. The driver is intended to be freed of routine work so that he can concentrate on the core process. For this reason, electronic control in municipal vehicles, which also allows automated processes to be realized easily, is gaining in acceptance.

Exhaust emission legislation

In the area of mobile machines, the new limits of stage IIIB (Europe) and Tier 4 interim (USA) will be binding as of 2011 beginning with the engines of smaller power classes. The regulations of stage IV and tier 4 final will provide even tighter limits as of 2014.

Municipal vehicles are commonly registered as trucks so that utility vehicle legislation applies to them. For these vehicles, the following limits of stage Euro VI were determined in 2009, which will be binding as of 31st December 2013: particles 0.01 g/kWh and nitrous oxides 0.4 g/kWh [1; 2]. In order to reach the stage Euro V, it is necessary to use either exhaust gas recirculation and diesel particle filters or an SCR system (selective catalytic reduction). According to current knowledge, a combination of both systems is required for stage VI.

Refuse collection vehicles

Hybrid drives have the potential to realize an efficiency increase in machines, which allows fuel consumption to be reduced significantly. In addition, appropriate design protects machine components, which reduces



Bild 1: Hydraulischer Hybrid von Haller in einem Actros 2532L

Fig. 1: Hydraulic hybrid from Haller in the Actros 2532L



Bild 2: Faun Rotopress Dualpower mit dieselelektrischem Hybridantrieb

Fig. 2: Faun Rotopress Dual Power with diesel-electric hybrid drive

signifikante Senkung des Kraftstoffverbrauchs erreicht werden kann. Zudem können bei geschickter Auslegung Komponenten der Maschinen geschont und somit Wartungskosten reduziert werden. Ein Beispiel sind Bremsen, die bei der Verzögerung eines Fahrzeugs in einem weiten Geschwindigkeitsbereich nicht betätigt werden, so dass deren Verschleiß reduziert werden kann.

Von daher ist es logisch und konsequent, dass die Entwicklung von Hybridantrieben in Abfallsammelfahrzeugen voranschreitet. In der Erprobung befinden sich derzeit Fahrzeuge verschiedener Firmen [3 bis 6], **Bilder 1 und 2**. Beide Fahrzeuge sind mit einem Hybrid ausgestattet, bei dem ein zusätzlicher Motor Energie aus dem Antriebsstrang entnehmen oder in diesen einspeisen kann (paralleler Hybrid). Der Fokus bei der Entwicklung liegt auf hydraulischen Hybridantrieben, da diese Komponenten heute bereits serienreif verfügbar sind.

Bei Absetzkippern ist ein zunehmender Einsatz elektronischer Steuerungen zu beobachten [7]. Hierdurch lässt sich eine einfache und sichere Bedienung der Geräte erreichen, die zudem den Fahrer entlastet.

Zusätzlich wird auf den Zusammenschluss von Zoeller und Haller hingewiesen [8], wodurch ein neuer Anbieter kompletter Systeme entsteht. Ziel des Zusammenschlusses ist nach Presseinformationen der Ausbau europäischer Aktivitäten und die Verbreiterung des Kompetenzportfolios.

Straßenkehrmaschinen

Auch im Bereich der Straßenkehrmaschinen werden alternative Antriebstechnologien gesucht. Der Fokus der Entwicklungen liegt, da die Maschinen bevorzugt im innerstädtischen Bereich eingesetzt werden, in einer Minimierung der Schadstoffemissionen. Möglichkeiten zum

maintenance costs. Brakes which are not operated in a wide speed range while a vehicle is decelerating so that their wear can be reduced are one example.

Therefore, it is logical and consistent that the development of hybrid drives in refuse collection vehicles is progressing. Vehicles from different companies [3 to 6] are currently being tested (**Fig. 1 and 2**). Both vehicles are equipped with a hybrid, which allows an additional motor to take energy from the drive train or to feed energy into it (parallel hybrid). The development is focusing on hydraulic hybrid drives because these components are ready for series production today.

More and more multi-bucket system vehicles are being equipped with electronic control systems [7]. This allows the implements to be operated easily and reliably, which also simplifies the driver's work.

In addition, the merger of Zoeller and Haller must be mentioned [8], which are now a new supplier of complete systems. According to press information, the objective of this merger is the extension of activities at the European level and the enlargement of the competence portfolio.

Road sweeping machines

The search for alternative drive technologies also includes road sweeping machines. Since the machines are preferably used in inner city areas, the developments are focusing on the minimization of pollutant emissions. Potential applications of a vehicle driven by fuel cells were presented in reference [9]. Here, the use of an electric drive is appropriate because no additional energy conversion is required. Other vehicles with fuel cell drive are known from the field of logistics, for example [10].

Einsatz eines brennstoffzellenbetriebenen Fahrzeugs wurden in [9] vorgestellt. Hierbei ist ein elektrischer Antrieb sinnvoll einzusetzen, da dann keine zusätzliche Energiewandlung erfolgen muss. Andere Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb sind zum Beispiel aus dem Bereich der Logistik bekannt [10].

Ein weiterer Trend im Bereich der Kehrmaschinen ist eine Verkleinerung der Fahrzeuge und eine Erhöhung ihrer Wendigkeit (Bild 3). So ist es möglich, auf immer beengterem Gelände arbeiten zu können, ohne Arbeiten von Hand ausführen zu müssen [11]. Gleichzeitig nimmt die Einsatzvielfalt der Geräte zu, um für alle Anwendungen ein optimales Gerät einsetzen zu können [12].

Winterdienst-Fahrzeuge

Für den Winterdienst ist ein Trend zu höheren Leistungen und höheren Fahrgeschwindigkeiten zu beobachten. So wurde eine Hochleistungsschneeräummaschine vorgestellt, die laut Herstellerangaben bei einer Fahrgeschwindigkeit von bis zu 50 km/h bis zu 8.000 t/h Schnee räumen kann [13]. Das Gerät kann beispielsweise an einem Claas Xerion mit bis zu 681 kW Leistung betrieben werden (Bild 4).

Zur Erreichung höherer Geschwindigkeiten beim Schneeräumen mit Räumschild wurde ein zweigeteiltes Räumschild auf der Demopark vorgestellt. Das Schild besitzt eine passive obere Hälfte und eine aktive untere. Die untere Hälfte kann sich aufgrund geringer Massen schnell Bodenunebenheiten anpassen, so dass laut Herstellerangaben eine Geschwindigkeit von 35 km/h ohne Klopfen erreicht werden kann [14].

Im Bereich des Winterdienstes ist zudem ein vermehrter Einsatz landwirtschaftlicher Fahrzeuge, insbesondere

Another trend in the sweeping machine segment is a reduction of vehicle size and better manoeuvrability (Fig. 3). This enables work to be carried out in more and more confined spaces without the necessity of manual labour [11]. At the same time, the implements can be used for a growing range of purposes so that an optimal implement is available for all applications [12].

Winter road maintenance vehicles

Winter road maintenance vehicles are showing a trend towards greater capacities and higher driving speeds. The presentation of a high-capacity snow removal machine which according to the manufacturer can clear up to 8,000 t/h of snow at a driving speed of up to 50 km/h illustrates this development [13]. This machine can be operated in front of a Claas Xerion, for example, which has an output power of up to 681 kW (Fig. 4).

For higher speeds during snow removal with a snow plough blade, a divided snow plough blade was presented at Demopark. The blade has a passive upper half and an active lower one. Due to its small mass, the lower half can quickly adapt to soil contours. Therefore, the manufacturer claims that a speed of 35 km/h can be reached without knocking [14].

In addition, a trend towards an increasing use of agricultural vehicles and in particular tractors for winter road maintenance can be distinguished (Fig. 5). Tractors are multifunctional vehicles, whose capacity can be better exploited under these conditions. Both front and rear attachment are possible. Moreover, it is possible to supply the mounted implements with energy via the PTO or hydraulic couplings.



Bild 3: Bucher Guyer CityCat 1000 für Kehraufgaben auf engstem Raum
Fig. 3: Bucher Guyer CityCat 1000 for sweeping tasks in confined spaces



Bild 4: Hochleistungsschneeräummaschine mit bis zu 8.000 t/h
Fig. 4: High power snow removal machine for up to 8,000 t/h

Traktoren, zu erkennen (**Bild 5**). Traktoren sind Multifunktionsfahrzeuge, die auf diese Art besser ausgenutzt werden können. Sowohl Front- als auch Heckanbau sind möglich. Zudem besteht die Möglichkeit, die angebauten Geräte über die Zapfwelle oder Hydraulikkuppelungen mit Energie zu versorgen.



Bild 5: Traktor für den Winterdienstesatz
Fig. 5: Tractor for winter road maintenance

Literatur / Bibliography

- [1] -, -: Abgasgesetzgebung Diesel- und Gasmotoren, Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) – Motoren und Systeme, Frankfurt am Main, Stand April 2010
- [2] Gießner, K.-H.: Zukünftige gesetzliche Anforderungen an Nutzfahrzeuge, aufgezeigt am Beispiel eines hochgeländegängigen Fahrzeugs. Vortrag beim Arbeitskreis Technik (AKT) im VDMA am 25. Februar 2010 in Frankfurt
- [3] -, -: Haller Umweltsysteme auf der Kommunal Live in Hannover, 6. und 7. Mai 2009 im ADAC-Fahrsicherheitszentrum in Hannover (Laatzten)
- [4] Bracht, D., Ch. Ehret und M. G. Kliffen: Berechenbare Wirtschaftlichkeit: Hydraulischer Hybridantrieb im Feldversuch. 2. Fachtagung „Hybridantriebe für mobile Arbeitsmaschinen“ des VDMA und der Universität Karlsruhe am 18. Februar 2009 in Karlsruhe. In: Tagungsband, S. 67-77
- [5] -, -: Rotopress Dualpower tourt durch Deutschland – Auftakt bildet das 1. Hybrid-Symposium für Abfallsammelfahrzeuge. Presseinformation der Fa. Faun GmbH, Lauf a. d. Pegnitz, vom 17. März 2010
- [6] Sandkühler, G.: Abfallsammelfahrzeuge mit dieselelektrischem Hybridantrieb. ATZ offhighway, Sonderausgabe ATZ, April 2010, S. 44-55
- [7] Schons, D.: Technologiewechsel bei Absatzkippern. Mobile Maschinen 2 (2010), H. 1, S. 44 f.
- [8] -, -: Zoeller + Haller = Höchste Kompetenz für Abfallsammlung und -logistik. Pressemitteilung der Fa. Haller Umweltsysteme GmbH & Co., Berlin, vom 12. März 2010
- [9] -, -: Emissionsfreies Kompaktkehrfahrzeug mit Brennstoffzellenantrieb. Presseinformation der Fa. Bucher-Guyer AG, Niederweningen (CH), vom 14. Mai 2009
- [10] -, -: Neue Technik im Vergleich. Information auf den Internetseiten der Fa. Still, <http://www.still.de/neue-technik-im-vergleich.o.43.html>, Stand 3. Mai 2010
- [11] -, -: Kleinkehrmaschine CityCat 1000 für alle Kehraufgaben auf engsten Räumen. Presseinformation der Fa. Bucher-Guyer AG, Niederweningen (CH), vom 20. Januar 2010
- [12] -, -: Produktneuheiten der Fa. Egholm, Braunschweig, Internet: <http://www.egholm.de/?id=9582>, Stand 14. April 2010
- [13] -, -: Turbostream TS 10000 Anbau-Schneesleuder. Firmenprospekt der Firma Schmidt Holding GmbH, St. Blasien, Internet <http://www.schmidt.pl/germany/german/products/airport/airside/snow/clearing/TS10000.php>, Stand 5. Mai 2010
- [14] -, -: Neues Kompakt-Räumschild besteht Praxistest ohne Klopfen bis 35 km/h. Presseinformationen der Firma Wiedenmann GmbH, Rammingen, Internet: http://press.wiedenmann.de/de_presse-bericht_29_09_2009.CMS, Stand 5. Mai 2010

17 Prüfwesen und Qualitätssicherung Testing and Quality Assurance

17.1 Prüfwesen und Qualitätssicherung für die Innenwirtschaft Testing and Quality Assurance in Livestock Farming

H. Reubold, Iris Beckert und Susanne Gäckler, Groß-Umstadt

Neben technischen Anforderungen nimmt bei der Prüfung der in der Innenwirtschaft eingesetzten Technik zunehmend das Thema Tiergerechtigkeit einen hohen Stellenwert in der politischen und gesellschaftlichen Diskussion ein. Tiergerecht bedeutet, dass die Haltungsumwelt die Bedürfnisse des Tieres erfüllt und dessen Anpassungsfähigkeit nicht überfordert. Eine Überforderung kann sich durch Verhaltenseinschränkungen, Schmerzen, Leiden und Schäden zeigen.

Zur Beschreibung einer tiergerechten Haltung können ethologische und pathologische Parameter sowie auch physiologische und technische Kriterien herangezogen werden. In den jeweiligen DLG-Prüfberichten erfolgt eine klare Ausweisung „tierbezogener Kriterien“. Die Festlegung von Prüfkriterien und -methoden sowie die Anforderungen, die an technische Haltungseinrichtungen hinsichtlich ihrer Tiergerechtigkeit zu stellen sind, werden gemeinsam mit dem DLG-Fachausschuss für Tiergerechtigkeit und den zuständigen DLG-Prüfungskommissionen erarbeitet.

Die nachfolgenden Beispiele für die Beurteilung von Bodenbelägen für Rinder und Pferde und die Prüfung von Ferkelheizplatten zeigen, wie ethologische, pathologische und technische Kriterien erhoben, genutzt und gemeinsam zur Beschreibung der Tiergerechtigkeit einer haltungstechnischen Einrichtung genutzt werden können.

Klauenerkrankungen vermeiden – Laufgangbeläge im DLG-Test

Klauenerkrankungen stellen in der Milchviehhaltung weltweit eines der wichtigsten Gesundheitsprobleme dar. Die Abgänge wegen Klauenerkrankungen liegen in der EU bei zehn bis 15 Prozent. Vor allem die Beschaffenheit des Laufgangbodens im Liegeboxenlaufstall hat in diesem Zusammenhang eine große Bedeutung. Kühe legen im Laufstall Distanzen von 1 bis 2,6 km pro Tag zurück [1]. Die Klauengesundheit wird daher besonders durch die Gestaltung der Laufgänge beeinflusst. Da eine Beeinträchtigung der Klauengesundheit für das Tier mit Schmerzen verbunden ist, ist eine Optimierung des

In addition to technical requirements, animal welfare is more and more becoming an important topic in the political and social discussion, which must be considered in tests of equipment used in livestock farming. Animal welfare means that the housing environment meets the needs of the animal and does not overchallenge its adaptability. An overchallenge may manifest itself in behavioural restrictions, pain, suffering, and damage.

Ethological and pathological parameters as well as physiological and technical criteria can be used to describe animal-friendly housing. “Animal-related criteria” are clearly identified in DLG test reports. Test criteria and methods as well as the demands to be fulfilled by technical housing equipment with regard to animal welfare are developed in cooperation with the DLG Committee for Animal Welfare and the competent DLG test commissions.

The following examples of evaluations of floor covers for cattle and horses as well as the testing of piglet heating plates show how ethological, pathological, and technical criteria can be defined and used together for the description of the animal friendliness of housing-technical equipment.

Avoidance of claw diseases – walking aisle covers in the DLG test

Claw diseases are one of the most important health problems in dairy cattle housing worldwide. In the EU, mortality due to claw diseases ranges between 10 and 15%. Especially the material properties of the walking aisle floor in the lying box loose house are very important with regard to claw diseases. Cows cover distances of 1 to 2.6 km per day in the loose house [1]. Therefore, claw health is influenced in particular by walking aisle design. Since impaired claw health causes pain for the animal, the optimization of the walking aisle floor is of great importance for the animal friendliness of loose houses. In addition, claw diseases cause expenses for their treatment and lead to performance losses (milk loss, poorer fertility, weight loss). Therefore, they also influence the profitability of dairy cattle husbandry. The

Laufgangbodens von großer Bedeutung für die Tiergerechtigkeit von Laufställen. Ferner verursachen Klauenerkrankungen Behandlungskosten, führen zu Leistungseinbußen (Milchverlust, schlechtere Fruchtbarkeit, Gewichtsverlust) und beeinflussen deshalb auch die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung. Die Kosten einer Lahmheit betragen rund 300,- Euro [2]. In der EU beträgt der wirtschaftliche Schaden durch Klauenerkrankungen etwa 1,6 Mrd. Euro pro Jahr [3].

Elastische Laufgangauflagen führen aufgrund ihrer Verformbarkeit zu einem Rückgang mechanisch traumatischer Klauenerkrankungen und haben positive Auswirkungen auf das Tierverhalten (Aktivität, Schrittlänge, Kopfhaltung). Dies wird durch die bisherigen sechs DLG-SignumTests von Laufgangbelägen bestätigt. Somit können durch elastische Laufgangauflagen die wirtschaftlichen Einbußen verringert und die Klauengesundheit verbessert werden.

Im DLG-SignumTest werden die für das Tier wesentlichen Anforderungen an einen Laufgangbelag in ihrer Funktion überprüft. Im praktischen Einsatz werden der Einbau, die Maßhaltung, die Reinigung sowie die Haltbarkeit untersucht und beurteilt. Als tierbezogene Kriterien werden die Verformbarkeit im Labor gemessen, das Tierverhalten mit Hilfe der Direktbeobachtung untersucht und die Rutschfestigkeit mit dem DLG-Comfort-Control-Messverfahren im Labor und in der Praxis gemessen.

Die Verformbarkeit wird als Eindringtiefe in Abhängigkeit vom Auflagedruck auf einer Materialprüfmaschine bestimmt. Dazu werden Eindruckversuche mit einem der Kuhklaue nachempfundenen künstlichen Kuhfuß am neuwertigen Belag und nach einer Dauertrittbelastung mit 250.000 Tritten (Simulation einer rund zehnjährigen Belastung) durchgeführt. Eine Veränderung der Eindringtiefe zeigt an, ob im Laufe der Jahre eine nachlassende Elastizität zu erwarten ist.

Die Rutschfestigkeit wird mit Hilfe des Gleitzugverfahrens sowohl im Labor als auch im eingebauten Zustand – neu und nach mindestens drei Monaten – unter Praxisbedingungen bestimmt. Dabei wird ein belasteter runder Kunststofffuß (Aufstandsfläche 75 cm²) mit definierter Geschwindigkeit (20 mm/s) über den Belag gezogen (**Bild 1**). Die dazu benötigte Zugkraft wird mit dem Auflagegewicht ins Verhältnis gesetzt und daraus der Gleitreibbeiwert bestimmt. Dieser sollte über dem Mindestmaß von $\mu = 0,45$ liegen, um eine ausreichende Rutschfestigkeit zu gewährleisten. Ergänzende Verhaltensbeobachtungen im Einsatzbetrieb lassen schließlich eine Aussage über die Trittsicherheit des Laufgangbelages zu. Um dessen Einfluss auf die Klauen zu beurteilen,



Bild 1: Messung der Rutschfestigkeit mit DLG-Comfort-Control

Fig. 1: Slip resistance measurement with DLG Comfort-Control

expenses caused by a lame animal amount to approximately € 300 [2]. In the EU, the economic damage due to claw diseases reaches about € 1.6 billion per year [3]. Thanks to their deformability, elastic walking aisle covers lead to a reduction of mechanically traumatic claw disorders and have positive effects on animal behaviour (activity, step length, head posture). This is confirmed by the six DLG SignumTests of walking aisle covers which have been carried out so far. Thus, elastic walking aisle covers reduce economic losses and improve claw health. In the DLG SignumTest, the significant animal-related requirements to be fulfilled by a walking aisle cover are functionally tested. Installation, dimensional stability, cleaning, and durability are examined and evaluated in practical use. The tests of animal-related criteria include deformability measurements in the laboratory, direct observations of animal behaviour, and measurements of slip resistance with the aid of the DLG ComfortControl measuring technique in the laboratory and in practice. Deformability is determined as penetration depth as a function of pressure on a material testing machine. For this purpose, impression tests with an artificial cow foot shaped like a cow claw are carried out on the cover when new and after exposure to a permanent load equivalent to 250,000 steps (simulation of approximately ten years of load exposure). A change in penetration depth shows whether decreasing elasticity must be expected over the course of the years.

Slip resistance is measured with the aid of the slide-pull technique in the laboratory and under practical conditions when the cover is new and at least three months after installation. During these measurements,

werden diese vor sowie drei und neun Monate nach dem Einbau des Belags im Testbetrieb auf Erkrankungen und Schäden bonitiert. Der Effekt auf die Befundsituation im Bestand wird aufgezeichnet und bewertet.

Liegeboxmattreszen für Rinder

Weiche Liegeflächen in Hoch- oder Tiefboxen sind europaweit noch immer nicht in allen Milchviehställen anzutreffen, obwohl weiche Liegeflächen in Hoch- oder Tiefboxen deutliche Vorteile in Bezug auf Tiergerechtigkeit und Wirtschaftlichkeit bieten. Auf harten, nicht elastischen Flächen liegen die Tiere im Mittel nur etwa sieben Stunden pro Tag. Dies bedeutet eine erhebliche Mehrbelastung für die Klauen und somit auch eine Beeinträchtigung der Klauengesundheit. Des Weiteren verursachen harte, nicht elastische Liegeflächen Liegeschäden (Gelenkerkrankungen). Auf weichen Liegeflächen – die Verformbarkeit sollte mindestens 10 mm betragen – liegen die Tiere mit zwölf bis 14 Stunden je Tag etwa doppelt so lange in den Liegeboxen. Dies führt zu einer deutlichen Entlastung der Klauen und zu einer besseren Gelenkgesundheit. Weiche Liegeflächen können dadurch die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung verbessern.

Bei einem DLG-SignumTest von Liegeboxbelägen werden folgende tierbezogene Kriterien untersucht. Wie bei den Laufgangbelägen erfolgt die Messung der Rutschfestigkeit mit dem DLG-ComfortControl-Messverfahren. Die Verformbarkeit wird durch Eindruckversuche mit einer Kalotte ($r = 120 \text{ mm}$) vor und nach einer Dauertrittbelastung mit 100.000 Tritten gemessen. Die Kalotte entspricht in Größe und Form etwa dem Carpalgelenk des Rindes, so können praxisnahe Messwerte gemessen und die Belastung für das Carpalgelenk beim Abiegen und Aufstehen ermittelt werden.

In einem Wahlversuch wird die Annahme des Versuchsbelags gegenüber einem Vergleichsbelag aus Vollgummi unter Berücksichtigung der Steh- und Liegezeiten sowie des Verhaltens beim Abiegen beobachtet. Eine detaillierte Analyse der Aufstehvorgänge rundet das Bild ab.

Um den Einfluss des Boxenbelags auf die Gelenkgesundheit beurteilen zu können, erfolgt eine umfangreiche Bonitierung der Gelenke auf äußerlich sichtbare Schäden in drei Einsatzbetrieben mit jeweils mindestens 30 Kühen. Die Bonitierung berücksichtigt die linke und rechte Körperhälfte und konzentriert sich auf die zehn beim Liegen exponierten Stellen (**Bild 2**).

a loaded, round plastic foot (contact surface 75 cm^2) is pulled over the cover at a defined speed (20 mm/s) (**Fig. 1**). The required traction is correlated with the load, and this relation is used to determine the slide friction coefficient. This coefficient should be higher than the minimum of $\mu = 0.45$ in order to guarantee sufficient slip resistance. In addition, behavioural observations on the farm allow the footing on the walking aisle cover to be judged. In order to evaluate the influence of the cover on the claws, they are examined for diseases and damage before the cover is installed on the test farm as well as three and nine months after its installation. The effect on the findings in the herd is recorded and assessed.

Lying box mattresses for cattle

Soft lying surfaces in high or deep boxes cannot yet be found in all cattle houses in Europe even though they provide clear advantages with regard to animal welfare and profitability. On hard, non-elastic surfaces, the animals lie for an average of only approximately 7 hours per day. This means a significant additional load on the claws, which has a negative effect on claw health. Moreover, hard, non-elastic lying surfaces cause lying damage (joint disorders). On soft lying surfaces, whose deformability should be at least 10 mm, the animals spend 12 to 14 hours per day lying in the lying boxes, which is about twice as long. This leads to a considerable reduction of the load on the claws and better joint health. Therefore, soft lying surfaces can improve the profitability of dairy cattle husbandry.

The following animal-related criteria are examined during a DLG SignumTest of lying box covers. The DLG ComfortControl measuring technique is used to measure slip resistance like on walking aisle covers. Deformability is measured in impression tests with a calotte ($r = 120 \text{ mm}$) before and after exposure to a continuous tread load equivalent to 100,000 steps. The size and shape of the calotte approximately corresponds to the carpal joint of cattle. This allows measurements relevant for practice to be taken and the load on the carpal joint during lying-down and getting-up to be determined.

In a choice test, the acceptance of the tested cover as compared with a solid rubber reference cover is observed. Standing and lying times as well as behaviour during lying-down is considered in these observations. A detailed analysis of the getting-up processes completes the picture.

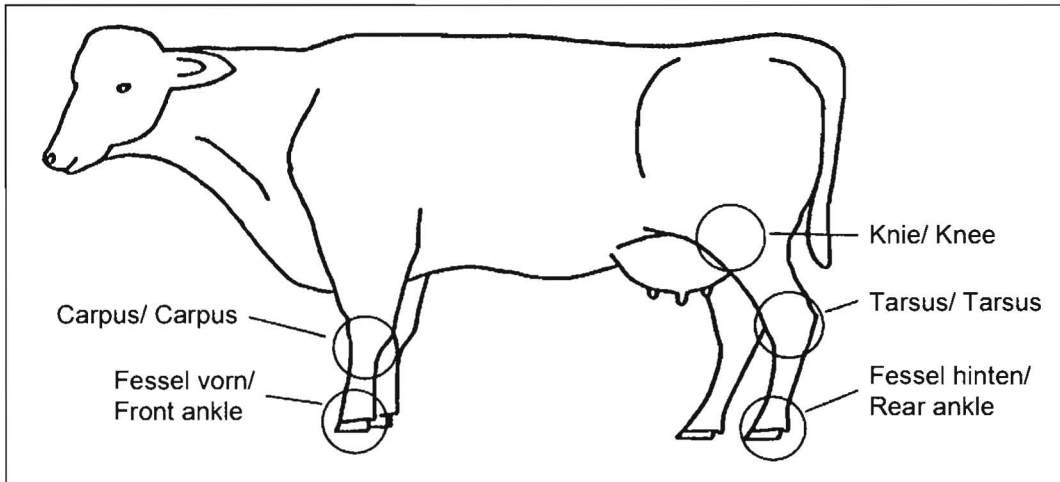


Bild 2: Die dargestellten Bereiche werden bonitiert

Fig. 2: The areas shown were examined

Laufflächenbeläge für Pferde

Aufgrund immer strengerer Umweltauflagen wird auch Laufflächenbelägen für Pferde mehr Aufmerksamkeit zuteil. Insbesondere notwendige Befestigungen von Paddocks und Ausläufen führen dazu, dass Matten – in der Regel aus Vollgummi – einerseits zur Versiegelung, also zum Halten von Exkrementen an der Oberfläche, und andererseits zur Verbesserung der Elastizität und Trittsicherheit verwendet werden.

Die Prüfung dieser Laufflächenbeläge erfolgt nach dem gleichen Schema wie die der Laufangbeläge für Rinder mit dem Unterschied, dass bei den Prüfstandsversuchen der Pferdehuf (barfuß und mit Hufeisen) anstelle des Kuhfußes abgebildet wird. Tierbeobachtungen zur Beurteilung der Trittsicherheit und des Tierverhaltens finden ebenfalls statt.

Wärmeheizplatten für Ferkel

In der Ferkelproduktion hängt die Wirtschaftlichkeit wesentlich von der Anzahl der abgesetzten Ferkel je Sau und Jahr ab. Ein Großteil der Ferkelverluste konzentriert sich auf die ersten Lebenstage der Tiere, in denen die Thermoregulationsmechanismen der Saugferkel noch nicht ideal entwickelt sind. Als Wärmesysteme können hier neben Strahlungsheizungen elektrische oder mit Warmwasser betriebene Bodenheizplatten eine Unterkühlung der Ferkel verhindern und dazu beitragen, Fer-

in order to be able to evaluate the influence of the box cover on joint health, the joints are extensively examined for externally visible damage on three farms housing at least 30 cows. The examination considers the left and the right half of the body and focuses on 10 spots exposed during lying (**Fig. 2**).

Walking surface covers for horses

Due to ever stricter environmental requirements, walking surface covers for horses are attracting more and more attention. Especially since paddocks and yards must have solid surfaces, mats generally made of solid rubber are used for sealing (i.e. in order to keep excrement at the surface) and for the improvement of elasticity and secure footing.

These walking surface covers are tested according to the same criteria as the walking surface covers for cattle. The only difference is that the hoof of a horse (bare-footed and with a horseshoe) is modelled instead of a cow foot. Animal observations for the evaluation of secure footing and animal behaviour are carried out as well.

Heating plates for piglets

Profitability in piglet production largely depends on the number of piglets produced per sow and per year. Most piglet losses occur during the first days of the animals'

kelverluste zu verringern. Gelingt es, die Ferkelverluste um zwei Prozent zu verringern, so erhöht sich der Erlös je Sau und Jahr um 15,- Euro bis 20,- Euro [4].

Im Sinne der Reduzierung von Ferkelverlusten und Steigerung der Tiergerechtigkeit ist die Wärmeverteilung einer der entscheidenden Faktoren. Auch rangniedrige Ferkel müssen im Ferkelnest – vor allem an den Rändern – ideale Temperaturen vorfinden. Im Laborversuch wird dies mit Hilfe der Thermographie ermittelt, wie dies seit einigen Jahren in Industrieanlagen und im Bauwesen erfolgreich praktiziert wird. Ein Wärmebild zeigt eine sehr präzise Momentaufnahme der Wärmeverteilung der aufgenommenen Oberfläche. Jedes Pixel stellt einen Temperaturpunkt dar. Bei der Auswertung dieser Daten können rechnerisch der Liegeflächenanteil mit vorteilhaften (37 bis 43 °C) und optimalen (39 bis 41 °C) Temperaturen bestimmt werden. Der Variationskoeffizient, der Quotient aus Standardabweichung und der mittleren Temperatur, gibt Aufschluss über die Gleichverteilung der Wärme auf der Oberfläche. Erwünscht sind unter 5 %.

Bei Investitionsentscheidungen steht häufig der Energiebedarf als wichtigster Parameter für die Kosten des Systems im Vordergrund. Es ist jedoch zu bedenken, dass jeder angegebene Wert des Energiebedarfes oder der Wärmeleistung stets ein reiner „Laborwert“ ist. Sehr viele Faktoren haben Einfluss auf den tatsächlichen Energiebedarf im einzelnen Praxisbetrieb: etwa die Umgebungstemperatur, die Zahl der Ferkel auf der Platte, die Wärmeübertragung durch Konvektion oder der Wasserdurchfluss bei Warmwasserheizplatten. Im Laborversuch wird unter exakt definierten Umgebungsbedingungen die elektrische Leistungsaufnahme bei Elektroheizplatten und die Wärmeleistung \dot{Q} bei Warmwasserplatten ermittelt. Für die Prüfungen im Rahmen eines DLG-SignumTests werden diese Labordaten neben der Untersuchung an Einzelplatten auch an fünf hintereinander geschalteten Platten durchgeführt, um die praktischen Bedingungen in einem Abferkelabteil zu simulieren. Bei Warmwasserplatten sollte die Temperaturdifferenz zwischen Vorlauftemperatur und der Rücklauftemperatur der letzten Platte maximal 3 K betragen.

Neben Wärmeverteilung und Energiebedarf sind auch andere technische Parameter für die Bewertung der Praxistauglichkeit in der aggressiven Schweinestallumgebung wichtig. Hierzu zählen Faktoren wie die mechanische Beständigkeit (Bruchlast und Durchbiegung), die Chemikalienbeständigkeit gegenüber Exkrementen und Stalldesinfektionsmitteln und die Oberflächengestal-

life. At this time, the thermoregulation mechanisms of the nursing piglets are not yet ideally developed. In addition to radiation heaters, electric or warm water floor heating plates can avoid hypothermia and contribute to the reduction of piglet losses. If piglet losses can be reduced by 2%, proceeds per sow and per year increase by € 15 to € 20 [4].

Heat distribution is one of the decisive factors for the reduction of piglet losses and the improvement of animal welfare. Lower-ranking piglets must also find ideal temperatures in the piglet nest, in particular at the edges. In the laboratory test, thermography is used for this purpose. This method has been applied successfully in industrial plants and construction for several years. A thermal image shows a very precise picture of current heat distribution on the covered surface. Each pixel represents a temperature point. When these data are evaluated, the lying areas offering advantageous (37 to 43°C) and optimal (39 to 41°C) temperatures can be determined by means of calculation. The variation coefficient, i.e. the quotient of standard deviation and mean temperature, allows conclusions about the equal distribution of heat on the surface to be drawn. The desired value is less than 5%.

Investment decisions often focus on energy consumption as the most important parameter for the costs of the system. However, one must take into consideration that the indicated value of energy consumption or heat output is always a pure “laboratory value”. Very many factors influence actual energy consumption on the individual farm. Examples of such factors are ambient temperature, the number of piglets on the plate, heat conduction by means of convection, or the water flow in warm water heating plates. In the laboratory test, the electric power consumption of electric heating plates and the heat output \dot{Q} of warm water plates is determined under precisely defined ambient conditions. In tests carried out as part of a DLG SignumTest, these laboratory data are collected not only on individual plates, but also on five plates connected in series in order to simulate the practical conditions in a farrowing pen compartment. In warm water plates, the difference between flow temperature and the temperature of the water leaving the last plate should not exceed 3 K.

In addition to heat distribution and energy consumption, other technical parameters are important for the evaluation of suitability for practice in the aggressive environment of a pig house. This includes factors such as mechanical resistance (breaking load and deflec-

tung. Einerseits muss die Oberfläche leicht zu reinigen sein, andererseits soll die Platte rutschfest sein und einen gewissen Liegekomfort bieten. Hier werden ähnliche Methoden wie bei den oben beschriebenen Bodenbelägen für Rinder angewendet.

tion), chemical resistance to excrement and barn disinfectants, and surface design. On the one hand, the surface must be easy to clean. On the other hand, the plate should be slip-resistant and offer a certain lying comfort. Here, methods are applied which are similar to the above-described techniques used for tests of floor covers for cattle.

Literatur / Bibliography

- [1] *Brade, W.:* Wichtige Verhaltenscharakteristika des Rindes. *Milchpraxis* 39 (2001), H. 3, S. 146-149
- [2] *Wittowski, G.:* Hohe Milchleistung? Nur mit gesunden Klauen! *Milchpur* 6 (2007), H. 3, S. 22-23
- [3] *Herrmann, H. J.:* Ansprüche der Tiere an die Bodenfläche. Vortrag am Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, 2006
- [4] *Hilgers, J.:* Ferkelverluste vermeiden. Jahresbericht 2005 Erzeugerring Westfalen, 2005, S. 30-32

18 Geschichte der Landtechnik

Historical Development of Agricultural Engineering

18.1 Die Landtechnik auf dem Weg zur Wissenschaft

Agricultural Engineering on Its Way to a Science

K. Krombholz, Stockach, und R. Soucek, Dresden

Landtechnische Arbeitsmittel werden eingesetzt, um in natürliche, biologische Prozesse der Produktion von Nutzpflanzen und -tieren mit dem Ziel einzugreifen, diese Prozesse zu optimieren und Stoffe für die Lebensprozesse der menschlichen Gesellschaft zu gewinnen. Sie gehören damit zu den ältesten Kulturtechniken der Menschheit und haben einen der längsten Entwicklungsprozesse absolviert. In die Entwicklung der Landtechnik sind damit die Erfahrungen unzähliger Generationen eingeflossen, wobei die gewaltige Vielfalt der sich immer wieder ändernden Anwendungsbedingungen im Vergleich zu vielen anderen Technikbereichen eine besondere Herausforderung waren und auch heute noch sind. Eine weitere Besonderheit besteht darin, dass diese Prozesse auch ohne das menschliche Wirken existent sind.

Zu den wichtigsten Aufgaben der Landtechnik zählen die Be- und Verarbeitung der landwirtschaftlichen Stoffe, die Bereitstellung und Übertragung der Antriebskräfte für die Funktionselemente, die Gestaltung von Fahrzeugen, die sich mit getriebenen oder treibenden Fahrwerken auf landwirtschaftlichen Fahrbahnen bewegen, und die Sicherung der vielfältigen Förder- und Transportprozesse. Dazu kommen die Steuerung der Prozessabläufe sowie die Haltbarkeit in Verbindung mit effektivem Werkstoffeinsatz und ebensolchen Fertigungsverfahren. Mit einer solchen Aufgabenpalette ist die Landtechnik heute mit einer Vielzahl ähnlich gelagerter technischer Fachdisziplinen zu vergleichen.

Die Intensität der Veränderungen in der Landbewirtschaftung unterlag regionalen und zeitlichen Unterschieden. Maßgebend waren und sind immer die gesellschaftlichen Erfordernisse – neue Lösungen entstehen, wenn sie für die menschliche Existenz unverzichtbar sind. Unter diesem Aspekt war das Bedürfnis zur gravierenden Veränderung der landtechnischen Arbeitsmittel über viele Jahrhunderte nicht besonders ausgeprägt. So spielte auch für Leonardo da Vinci die Landtechnik im Rahmen seiner umfassenden ingenieurtechnischen Betrachtungen keine Rolle [1]. Sie hat erst im 18. Jahrhundert zunehmendes gesellschaftliches Interesse gefunden, als mit der einsetzenden Industrialisierung

Agricultural machinery and equipment are used in order to interfere with natural, biological processes in crop production and farm animals with the goal of optimizing these processes and gaining materials for the life processes of human society. They belong to the oldest cultural techniques of mankind and have gone through one of the longest development processes. Thus, the experiences of countless generations have become part of the development of agricultural engineering. During this development, constantly changing application conditions, whose diversity is enormous in comparison with many other areas of technology, have been and still are a particular challenge. Another special characteristic of agriculture is that these processes exist even without human activity.

The most important tasks of agricultural engineering include the processing of agricultural materials, the supply and transmission of driving forces for functional elements, the design of vehicles moving on agricultural surfaces with the aid of driven or driving chassis, and the reliable realization of diverse conveying and transport processes. Other tasks and objectives are process control as well as durability in combination with effective material use and production techniques. This range of tasks in agricultural engineering is comparable with numerous similar technical disciplines today.

The intensity of changes in agriculture showed regional and temporal differences. Social requirements have always been decisive. New solutions are found when they are indispensable for human existence. Under this aspect, the need for deep changes in agricultural equipment was not very significant over many centuries. Therefore, agricultural engineering did not play any role in the comprehensive technical considerations of Leonardo da Vinci [1]. Only in the 18th century did it meet with growing social interest when manpower from agriculture was needed with the beginning of industrialization. In England, these changes took place far earlier than in Germany. They were also very pronounced in North America because only little manpower was available for the cultivation of large areas there. In Germany, the beginning of this process became noticeable only in

Arbeitskräfte aus der Landwirtschaft benötigt wurden. Diese Veränderungen vollzogen sich in England wesentlich früher als in Deutschland. Sie waren auch in Nordamerika stark ausgeprägt, weil dort große Flächen mit wenigen Arbeitskräften zu bewirtschaften waren. In Deutschland begann dieser Prozess in spürbarem Maße erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts. Wesentliche landtechnische Neuerungen entstanden deshalb zunächst vor allem im angelsächsischen Raum, die mit abnehmender Tendenz noch bis in die 1960er Jahre Vorbilder für die Entwicklungen in Deutschland waren. Eine kurze Darstellung der weltweiten Entwicklung historischer landwirtschaftlicher Arbeitsgeräte gibt Söhne [2] und er behandelt beispielhaft Empirie und Theorie bei der Bodenbearbeitung [3]. Die nachfolgenden Betrachtungen stützen sich auf die Entwicklung in Deutschland, die für den Weg der Landtechnik zur Wissenschaft in den letzten 150 Jahren hochgradig mit der internationalen Entwicklung übereinstimmt.

Von der Erfahrung zur Berechnung

Betrachtet man die Voraussetzungen sowie die Art und Weise der Entwicklung von Arbeitsmitteln in der menschlichen Gesellschaft, so waren es über Jahrtausende die Erfahrungen der Vorfahren, die in Verbindung mit Intuition und Experiment zu tragfähigen Veränderungen führten. Erst mit der Industrialisierung entwickelten sich verstärkt die Ingenieurwissenschaften, die zunehmend auch die Fortschritte in den Naturwissenschaften nutzten. Vorherrschend waren zunächst jedoch empirische Verfahren, die dadurch gekennzeichnet sind, dass Erkenntnisse durch Beobachtung, Messung und/oder Experimente gewonnen werden und gegebenenfalls in eine empirische Theorie münden. Durch die Fortschritte in den Beobachtungs- und Messtechniken sowie die Entwicklung von effektiven Methoden für die Durchführung und Auswertung der Experimente wurden die empirischen Verfahren im Verlauf des 20. Jahrhunderts zu einem maßgebenden wissenschaftlichen Instrument, das auf vielen Gebieten, darunter auch in der Landtechnik, einen hohen Stellenwert besitzt.

Der Vormarsch der theoretischen Wissenschaften begann in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts. Mit ihrer Hilfe wurde es möglich, Prozesse im Detail zu analysieren und durch mathematische Beziehungen nachzuzeichnen oder auch aus theoretisch-naturwissenschaftlichen Erkenntnissen nützliche neue Prozesse zu gestalten. Die damit verbundenen Berechnungsverfahren bieten in der Regel die Möglichkeit einer Optimierung, ohne dass für das gesamte Parameterspektrum

the middle of the 19th century. Therefore, important innovations in agricultural engineering primarily originated in the Anglo-Saxon countries, which remained models for developments in Germany until the 1960s with a decreasing tendency.

Söhne gives a brief overview of the global development of historical agricultural equipment [2] and describes empirical experiences as well as theory in soil cultivation using examples [3]. The following considerations are based on the development in Germany, which is largely identical with international development with regard to the evolution of agricultural engineering into a science in the past 150 years.

From experience to calculation

If one regards the requirements for the development of machines and equipment in human society and the way of their evolution, these considerations show that over millennia the experience of the ancestors in combination with intuition and experiments led to lasting changes. Only industrialization marks the beginning of an intensified development of engineering, which increasingly profited from scientific progress. First, however, empirical methods were predominant, whose characteristic is that insights are gained by means of observation, measurement, and/or experiments and possibly lead to an empirical theory. Due to progress in observation and measuring techniques as well as the development of effective methods for the realization and evaluation of experiments, empirical methods became a critical scientific instrument over the course of the 20th century. This instrument is highly important in many areas including agricultural engineering.

Progress in theoretical science began in the first decades of the 20th century. It allowed processes to be analyzed in detail and enabled them to be modelled by means of mathematical relations. In addition, it became possible to develop useful new processes based on theoretical-scientific insights. The calculation methods derived from these insights generally provide optimization potential without the necessity of extensive experiments covering the entire range of parameters. Even though the rapid development of computer technology as of the 1960s also stimulated the evolution of empirical methods, they had a revolutionary effect especially in theoretical science because they were the prerequisite for the calculation/solution of sophisticated mathematical systems. At the same time, they created the conditions for the application of simulation methods, which have been gaining in importance for approximate-

aufwändige Experimente durchgeführt werden müssen. Obwohl die sich ab den 1960er Jahren stürmisch entwickelnde Rechentechnik auch die empirischen Verfahren beflügelten, hatten sie besonders für die theoretischen Wissenschaften revolutionierende Wirkung, weil damit erst die Berechnung/Lösung aufwändiger mathematischer Systeme möglich wurde. Damit wurden gleichzeitig die Voraussetzungen für die Anwendung von Simulationsmethoden geschaffen, die seit etwa zwei Jahrzehnten zunehmende Bedeutung gewinnen. Diese verringern nicht nur den experimentellen Forschungsaufwand, sondern ermöglichen auch qualitativ höherwertige Lösungen.

Mit dem gewachsenen theoretischen Fundament wurde für einige Fachgebiete auch die Frage aktuell, ob die Theorie erst eine technische Lösung ermöglicht oder die intuitive/empirische Lösung durch die Theorie begründet und weiterentwickelt wird. Von der Praxis wird diese Frage so beantwortet, dass beide Wege möglich und auch sinnvoll sind, sicherlich für jeden Zeitabschnitt und jedes Fachgebiet mit unterschiedlicher Wichtung. Beispielsweise wird an dem vor 6.000 Jahren erfundenen Rad heute noch theoretisch und experimentell geforscht und für die bereits um 1780 in Industriebetrieben als Antrieb eingesetzte Dampfmaschine hat Carnot erst um 1830 mit der Theorie zum Kreisprozess eine fundamentale theoretische Grundlage geliefert.

Lehrbücher – der Fundus theoretischen Wissens

Die über lange Zeit sehr konservativ verlaufene Entwicklung in der Landtechnik führte dazu, dass einige mittelalterliche Arbeitsmittel nicht nur erhalten, sondern oftmals bis in die jüngere Vergangenheit genutzt wurden. Das theoretische Fundament für ihre Entstehung ist ab Mitte des 19. Jahrhunderts in den zunehmenden landwirtschaftlichen und landtechnischen Publikationen nachzuvollziehen. Schwerpunkt sind dabei Lehrbücher, die in der Regel eine zusammenfassende Darstellung des aktuellen Standes geben. Erste solche Darstellungen im deutschsprachigen Raum hat ab den 1860er Jahren E. Perels mit seinen Veröffentlichungen geliefert, darunter das 1868 erstmals erschienene „Handbuch des Landwirtschaftlichen Maschinenwesens“ [4]. Es vermittelt einen vollständigen Überblick zum Stand der Landmaschinentechnik und enthält über 100 Quellenangaben. Nicht als Lehrbuch, sondern als Festschrift zum 25-jährigen Jubiläum der DLG im Jahre 1910 wurde eine weitere umfassende Darstellung zur Entwicklung des landwirtschaftlichen Maschinenwesens in Deutschland von G. Fischer unter Mitwirkung namhafter Ingenieure,

ly two decades. These methods not only reduce experimental research requirements, but also provide higher-quality solutions.

In some areas, the grown theoretical foundations also raised the question of whether theory was the condition for a technical solution or the intuitive/empirical solution is substantiated and improved based on theory. The answer of practice to this question is that both approaches are possible and appropriate even though their importance certainly varies in every period and every area. The wheel, for example, which was invented 6,000 years ago, is still being studied in theoretical and experimental research today, and only around 1830 did Carnot create the theoretical foundations of the steam engine, which had been used as a driving unit in industry as early as around 1780, by developing the theory of the heat-engine process.

Textbooks – the fund of theoretical knowledge

Since the development of agricultural engineering had been very conservative for a long time, some medieval equipment was not only preserved, but often also used until the recent past. The theoretical foundation of its development can be found in the growing number of publications about agriculture and agricultural engineering since the middle of the 19th century. Textbooks, which generally summarize the current status, are the main source of information in this field. The first descriptions of this kind in German-speaking countries were provided in the publications of E. Perels as of the 1860s, among them the “Manual of Agricultural Engineering” published for the first time in 1868 [4]. It gives a complete overview of the status of agricultural engineering and contains more than 100 references. Another comprehensive description of the development of agricultural engineering in Germany was published by G. Fischer in cooperation with renowned engineers, farmers, and economists of his time. However, this book was not published as a textbook, but as a commemorative volume on the occasion of the 25th anniversary of the DLG in the year 1910 [6].

Perels' publications already show an engineering-oriented approach. For this reason, he is considered the founder of education in agricultural engineering in Germany [2]. In most textbooks from other authors, however, descriptions are predominant whose goal is the training of farmers in the use of machines and implements [7; 8]. The textbooks published as of the 1950s serve the same goal, but they increasingly use theoretical progress. The publications to be mentioned here are primar-

Landwirte und Ökonomen seiner Zeit herausgegeben [6].

Während in den Schriften von Perels schon die ingenieurtechnische Sichtweise zum Tragen kam und er damit als der Begründer der landtechnischen Lehre in Deutschland gilt [2], dominiert in den meisten Lehrbüchern anderer Autoren die beschreibende Darstellungsweise, die als eine Art Landmaschinenkunde auf die Ausbildung von Landwirten für den Einsatz der Maschinen und Geräte ausgerichtet ist [7; 8]. Dem gleichen Ziel dienend, aber auch zunehmend den theoretischen Fortschritt nutzend, sind die Lehrbücher ab den 1950er Jahren angelegt. Zu nennen sind dabei vor allem die Fachbücher von Segler [9], Denker [10], Heyde [11] und die fünfbändige Reihe „Lehrbuch der Agrartechnik“ [12] sowie auf dem Gebiet der Tierhaltung das Fachbuch von Thum [13].

Die Erkenntnis, dass Landtechnik eine Fachdisziplin für Ingenieure ist, setzte sich in Deutschland nur sehr zögernd durch. Ein wichtiger Schritt in diese Richtung war die Berufung des Ingenieurs Perels für die landtechnische Ausbildung der Landwirte an die Universität Halle im Jahre 1867. Auch in der Folgezeit haben sich Ingenieure anderer Fachdisziplinen für die Entwicklung der Landtechnik verdient gemacht. Stellvertretend sollen in diesem Rahmen M. Eyth, G. Fischer und W. Kloth genannt werden.

An vielen Universitäten mit landwirtschaftlicher Ausbildung waren in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts landtechnische Institute entstanden, die sich neben der Ausbildung auch in der Forschung betätigten. Daneben hatte sich aus der ersten auf Betreiben von Perels in Halle im Jahre 1867 gegründeten Prüfstation zum Beginn des 20. Jahrhunderts ein leistungsfähiges Prüfwesen entwickelt, das vor allem durch das Wirken der DLG auch ein hohes wissenschaftliches Niveau erreicht hatte und zu einer wichtigen Quelle für den theoretischen Erkenntniszuwachs wurde [14; 15]. Eine universitäre Ausbildung von Landtechnikingenieuren an Maschinenbau-Fakultäten als eine entscheidende Voraussetzung für die Erweiterung des theoretischen Fundamentes dieser Fachdisziplin und die ingenieurmäßige Erzeugnisentwicklung in der Industrie begann jedoch erst Mitte der 1920er Jahre an der TU München [2]. Ein weiterer wichtiger Standort für das universitäre Landtechnikstudium wurde zunächst Berlin, später kamen Braunschweig und Dresden hinzu, wobei diese Fachdisziplin ab den 1950er Jahren in beiden Teilen Deutschlands sehr gefördert wurde. Ein erstes für die Ansprüche dieser Ausbildung angelegtes Lehrbuch mit dem in Deutschland aktuellen Theorienbestand wurde von G. Kühn in zwei Bänden

ily textbooks by Segler [9], Denker [10], Heyde [11], and the five-volume series “Textbook of Agricultural Engineering” [12] as well as the textbook from Thum about animal husbandry [13].

In Germany, the insight that agricultural machinery construction is a discipline for engineers established itself only very hesitatingly. An important step in this direction was appointing the engineer Perels professor of agricultural engineering responsible for the education of farmers at the University of Halle in the year 1867. Later, engineers from other disciplines also earned merits in the development of agricultural engineering. M. Eyth, G. Fischer, and W. Kloth deserve to be mentioned as examples here.

At many universities which offered agronomical education, institutes of agricultural engineering were founded in the second half of the 19th century. These institutes not only provided education, but also carried out research. In addition, an efficient testing network developed at the beginning of the 20th century based on the first test station founded on the initiative of Perels in Halle in the year 1867. This network, which had reached a high scientific level thanks to the work of the DLG, became an important source of a gain in theoretical knowledge [14; 15]. The university education of agricultural engineers in mechanical engineering departments as a decisive prerequisite for the extension of the theoretical foundation of this discipline and engineering-based product development in industry, however, only began in the middle of the 1920s at the Technical University of Munich [2]. Berlin became the first other important location for university studies in agricultural engineering followed by Braunschweig and Dresden. In both parts of Germany, this discipline was strongly promoted as of the 1950s. The first textbook which was intended to meet the demands of this university education and described the current theories used in Germany was published by G. Kühn in two volumes in 1930 and 1934 under the title “Manual of Agricultural Engineering” [16; 17]. This book was supplemented with the design journal “Fundamentals of Agricultural Engineering”, which was published yearly under the direction of Kloth and fully met the expectations evoked by its title [18].

The probably most comprehensive theoretical foundation of the functions of agricultural machinery was provided by the studies of Gorjatschkin in the first third of the 20th century [19; 20]. Some fundamental relations described in his “agricultural mechanics”, such as the rational formula for plough traction are still state of the art today and were later addressed in more detail in numerous studies. The authors believe that the theoretical

1930 und 1934 unter dem Titel „Handbuch der Landmaschinentechnik“ herausgegeben [16; 17]. Dieses Werk wurde ab den 1950er Jahren durch die unter Leitung von Kloth jährlich erschienenen Konstrukteurhefte „Grundlagen der Landtechnik“ ergänzt, die dem Anspruch ihres Namens voll gerecht wurden [18].

Die wohl zu dieser Zeit umfassendste theoretische Durchdringung der Funktionen von Landmaschinen ist mit den Arbeiten von Gorjatschkin im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts entstanden [19; 20]. Einige fundamentale Beziehungen seiner „Landwirtschaftsmechanik“ wie etwa die rationale Formel für die Zugkraft des Pfluges sind teilweise heute noch Lehrmeinung und in der Folgezeit durch zahlreiche Forschungsarbeiten weiter vertieft worden. Nach Empfinden der Autoren existierte zu dieser Zeit sogar ein gewisses theoretisches Ost-West-Gefälle, während umgekehrt der Westen bei der Umsetzung in brauchbare praktische Lösungen dominierte. Mit Ausnahme der Traktoren [21] setzten auf den Arbeiten von Gorjatschkin die zunächst in der DDR verwendeten Lehrbücher von Krutikov et al. [22] und Kanafojski et al. [23] auf. Ab Anfang der 1970er Jahre erfolgte eine Aktualisierung mit der „Buchreihe Landmaschinentechnik“ [24 bis 27]. Von der erneuten Aktualisierung durch ausschließlich ostdeutsche Autoren Ende der 1980er Jahre konnten nur noch die ersten beiden Bände erscheinen [28; 29]. Die Arbeit an den übrigen Bänden musste im Manuskriptstadium beendet werden.

Theoretischer Vormarsch der Landtechnik

Schwerpunkt und gleichzeitig die Besonderheit der Landtechnik sind die Funktionstheorien der Arbeitselemente zur Stoffbearbeitung, bei denen Arbeitsergebnis und Energieaufwand die wichtigsten Optimierungskriterien sind. Trotz umfangreicher Arbeiten in den letzten Jahrzehnten sind die vielfältigen Stoffgesetze noch unzureichend erforscht, so dass dieses Gebiet erst sehr spät und langsam theoretisch erschlossen wurde. Es wird auch heute noch in hohem Grade durch unterschiedlich fundamentierte empirische Theorien geprägt, die oftmals nur eine überschlägige Berechnung ermöglichen. Für landtechnische Verfahren erscheint in naher Zukunft eine durchgängige Analytik weder theoretisch noch messtechnisch als angemessen. Charakteristisch sind nach wie vor Ersatzmodelle, die durch gemessene Prozesskennwerte gestützt werden.

Bei der Bereitstellung und Übertragung der Antriebskräfte für die Funktionselemente und bei der Gestaltung von landwirtschaftlichen Fahrzeugen kann sich die Landtechnik in starkem Maße auf Theorien der Natur-

level in the east was even slightly higher than in the west, whereas the west was predominant with regard to applicable practical solutions. Except for tractors [21], the textbooks from Krutikov et al. [22] and Kanafojski et al. [23] were based on Gorjatschkin's studies. As of the beginning of the 1970s, the updated "Textbook Series Agricultural Engineering" was published [24 to 27]. Of the renewed update exclusively written by East German authors at the end of the 1980s, only the first two volumes were published [28; 29]. Work on the other volumes had to be ended at the manuscript stage.

Theoretical progress in agricultural engineering

The functional theories of working elements for material processing, among which the work result and energy expenditure are the most important optimization criteria, are the focus and at the same time the special characteristic of agricultural engineering. Despite extensive studies in the past decades, knowledge about the various mass laws is still insufficient. Therefore, theoretical research in this field began very late and progressed slowly. It is still largely characterized by differently founded empirical theories today, which often only allow rough calculations to be carried out. Neither theoretically nor under the aspect of measurement technology does continuous analysis seem appropriate for techniques applied in agricultural engineering in the near future. Replacement models based on measured process parameters remain characteristic.

With regard to the provision and transmission of driving forces for functional elements and the design of agricultural vehicles, agricultural engineering can largely apply theories of natural science and engineering which, however, must often be modified and extended in order to meet specific conditions. This mainly results from the treatment and processing characteristics of agricultural materials as well as agricultural road surfaces and ambient conditions. This aspect has caused great demand for research during transition to motorization, which is even continuing today with a rather growing tendency even though we have practically reached the stage of full motorization. Research focused on the utilization of the continuously developing driving and transmission elements for agricultural machinery, whose development is characterized by ever growing units with increasing working widths and speeds.

An important basis for the theoretical foundations was research on the behaviour of driven and driving wheels on agricultural surfaces, which received a particular stimulus by the creation of the tractor test station in Bornim

und Technikwissenschaften stützen, die jedoch vielfach für die spezifischen Gegebenheiten zu modifizieren und zu erweitern sind. Das resultiert vor allem aus den Be- und Verarbeitungseigenschaften der landwirtschaftlichen Stoffe, den landwirtschaftlichen Fahrbahnen und Umgebungsbedingungen. Unter diesem Aspekt entstand großer Forschungsbedarf mit dem Übergang zur Motorisierung, der sich auch heute noch, nachdem wir praktisch von einer Vollmotorisierung sprechen können, mit eher wachsender Tendenz fortsetzt. Schwerpunkte waren dabei das Erschließen der sich ständig weiterentwickelnden Antriebsquellen und Übertragungselemente für die Landtechnik, die sich zu immer größeren Leistungseinheiten mit wachsenden Arbeitsbreiten und Geschwindigkeiten entwickeln.

Wichtiger Ausgangspunkt für das theoretische Fundament waren die Forschungsarbeiten zum Verhalten getriebener und treibender Räder auf landwirtschaftlichen Bahnen, die mit der Schaffung des Schlepperprüffeldes 1929 in Bornim und der Einführung der Luftbereifung Anfang der 1930er Jahre besonderen Auftrieb erhielten [14]. Mit dem inzwischen erreichten Stand befindet sich die Landtechnik auf hohem und mit anderen Fachdisziplinen vergleichbarem theoretischem Niveau. Infolge ihrer spezifischen Anforderungen hat die Landtechnik oftmals sogar eine Vorreiterrolle.

Mit dem Übergang zur Motorisierung gewann auch die Haltbarkeit der landtechnischen Arbeitsmittel zunehmendes Interesse. Waren die Beanspruchungen im Zeit-

in 1929 und the introduction of air tyres at the beginning of the 1930s [14]. Given the current state of the art, the theoretical level in agricultural engineering is high and comparable with other disciplines. Due to its specific requirements, agricultural engineering often even plays the role of a pioneer in technical progress.

With transition to motorization, the durability of agricultural equipment also became more and more interesting. While intuition and experience were still sufficient to deal with the loads which occurred at the age of human and animal muscle power, which set a natural load limit, the "unlimited" power of motors required load-based dimensioning. Here, agricultural engineering was again able to use the theoretical foundations provided by the natural sciences at the beginning. However, need for research arose when forces acting as load resistance as well as supporting and mass forces on functional elements and chassis had to be determined. Since the classic stability hypotheses are sufficiently accurate only under the conditions of determined loads, structural durability under characteristic stochastic loads had to be proven by means of calculation and time-accelerating test rig studies.

Systematic research on durability in agricultural engineering began with studies by Kloth, who became director of the material test station in Berlin created by the DLG/RKTL at the end of the 1920s. In the following period until the 1960s, his research and the design courses (as of the 1950s: designer meetings) initiated by him

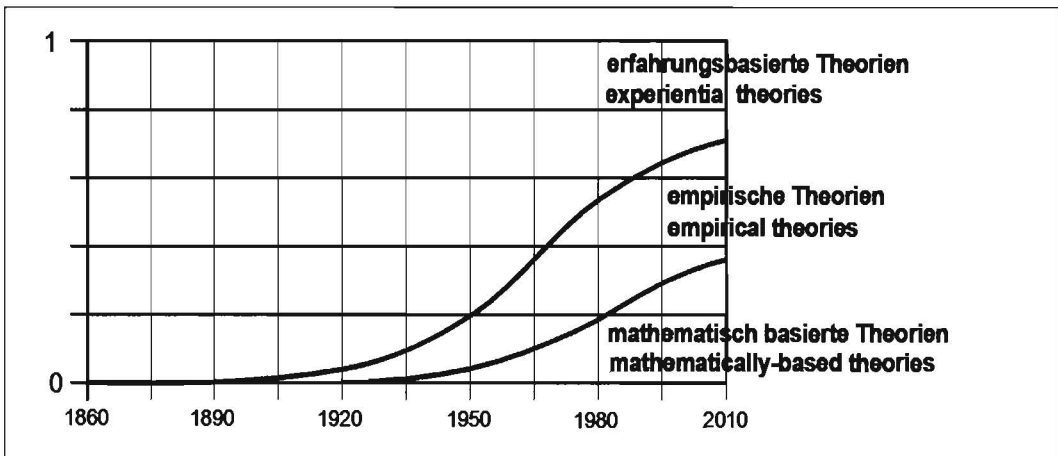


Bild 1: Von den Autoren geschätzte Entwicklungstendenz für die Relationen zwischen den Kategorien des jeweils aktuellen Theoriebestandes in der Landtechnik

Fig. 1: Trend of development for the proportions of methodologic categories on the current stock of theories in agricultural engineering estimated by the authors

alter der Muskelkraft von Mensch und Tier, die eine natürliche Belastungsgrenze darstellte, noch mit Intuition und Erfahrung zu beherrschen, erforderten die „unbegrenzten“ motorischen Kräfte eine beanspruchungsgerechte Dimensionierung. Auch auf diesem Gebiet konnte sich die Landtechnik zunächst auf das theoretische Fundament der Naturwissenschaften stützen. Handlungsbedarf ergab sich jedoch in der Ermittlung der Kräfte, die als Arbeitswiderstände, Stütz- und Massenkräfte an den Funktionselementen und Fahrwerken wirken. Da die klassischen Festigkeitshypothesen nur bei determinierten Belastungsfällen ausreichende Genauigkeit liefern, galt es, die Betriebsfestigkeit für charakteristische stochastische Belastungen durch Berechnung und zeittraffende Prüfstandsuntersuchungen nachzuweisen.

Die Anfänge systematischer Arbeiten auf dem Gebiet der Haltbarkeit in der Landtechnik gehen auf Kloth zurück, der Ende der 1920er Jahre Leiter des von DLG/RKTL geschaffenen Werkstoffprüffeldes in Berlin wurde und der in der Folgezeit bis in die 1960er Jahre mit seinen Forschungsarbeiten sowie den von ihm initiierten Konstrukteurkursen (ab den 1950er Jahren die Konstrukteurtagungen) entscheidende Grundlagen für die beanspruchungsgerechte Gestaltung geschaffen hat, die nicht nur für den Landmaschinenbau relevant waren [18; 30]. Ab Mitte der 1960er Jahre wurde in Zusammenarbeit zwischen dem Landmaschinenbau der DDR und der TU Dresden das Teilgebiet Betriebsfestigkeit im Rahmen der Technischen Mechanik entwickelt, das sich mit der Ermittlung von stochastischen Lastannahmen, Festigkeitshypothesen, Berechnungsmethoden und zeittraffenden experimentellen Prüfmethoden für die Bedingungen der Landtechnik befasste. Ein Ergebnis dieser Arbeit war 1971 die Einrichtung eines Lehrstuhls „Betriebsfestigkeit“ an der TU Dresden, wobei die Betriebsfestigkeit bereits seit 1968 Pflichtfach in der gesamten Konstrukteurausbildung war. Die in der Folgezeit weiter vervollkommenen theoretischen und experimentellen Methoden brachten wesentliche Fortschritte für die beanspruchungsgerechte Dimensionierung und den Haltbarkeitsnachweis [31; 32]. Mit diesen theoretischen Arbeiten hatte die Landtechnik seinerzeit gegenüber einigen anderen Fachdisziplinen eine Vorreiterrolle. Dieses nach wie vor aktuelle theoretische Fundament wird inzwischen sehr wirkungsvoll durch die rechnergestützte Finite-Elemente-Methode ergänzt, die mit der Anwendung von 3D-CAD-Systemen zum Standard geworden ist.

Durch die Besonderheiten des Einsatzes und Antriebs landtechnischer Arbeitsmittel konnte dieses Gebiet erst

provided decisive foundations for demand-oriented design, which were relevant not only for agricultural machinery construction [18; 30]. As of the middle of the 1960s, the agricultural machinery industry in East Germany in cooperation with the Technical University of Dresden developed durability as a subsection of technical mechanics which addresses the determination of stochastic load assumptions, durability hypotheses, calculation methods, and time-accelerating experimental test methods under the conditions of agricultural engineering. The result of this work was the creation of the chair for durability at the Technical University of Dresden in 1971 after durability had already been a mandatory subject in the education of design engineers since 1968. The theoretical and experimental methods, which were continuously perfected later, led to significant progress in load-oriented dimensioning and proof of durability [31; 32]. This theoretical research made agricultural engineering a pioneer and gave it an advantage over some other technical disciplines. This still current theoretical foundation is meanwhile supplemented very effectively by the computer-based finite element method, which has become standard with the use of 3D-CAD systems.

Due to the particular conditions of use and the special driving systems of agricultural equipment, the application of specific measuring technology in research and finally also process control in practice based on these applications profited relatively late from the development in this field. The mechanical and hydraulic measuring instruments used at the beginning reached their limits in particular during dynamic motion and load application. The use of electrically based measuring instruments for research became possible as of the 1950s and developed very dynamically afterwards [33]. However, the practical conditions for the control and regulation of work processes with the aid of electrically based measuring systems on mobile machines were fulfilled only as of the 1980s. Since then, sensors and actuators for processes in agricultural machinery have shown a rapid development. In combination with the potential of microelectronics, this development has also created better and better conditions for process control on mobile machines. For approximately two decades, agricultural engineering has been using the potential of GPS and the internet to a growing extent so that the state of the art in this field can also be considered good in comparison with other technical disciplines. German agricultural engineering has made a name for itself as a pioneer in the standardization of data exchange between the demand carriers involved in agricultural processes [34; 35].

relativ spät für die Anwendung spezifischer Messtechnik in der Forschung und schließlich auch für darauf aufbauende Regelungen von Prozessabläufen in der Praxis erschlossen werden. Die zunächst angewandten mechanischen und hydraulischen Messgeräte hatten besonders bei dynamischen Bewegungs- und Belastungsvorgängen ihre Grenzen. Der Einsatz von elektrisch basierter Messtechnik für die Forschung wurde ab den 1950er Jahren möglich und hat sich in der Folgezeit sehr dynamisch entwickelt [33]. Für die Steuerung und Regelung von Arbeitsprozessen mit elektrisch basierter Messtechnik auf mobilen Arbeitsmaschinen bestanden die praktischen Voraussetzungen jedoch erst ab den 1980er Jahren. Seitdem gibt es eine stürmische Entwicklung bei Sensoren und Aktoren für landtechnische Prozesse, die zusammen mit den Möglichkeiten der Mikroelektronik zunehmende Voraussetzungen für die Regelung von Prozessabläufen auch auf den mobilen Arbeitsmaschinen geschaffen hat. Seit etwa zwei Jahrzehnten erschließt sich die Landtechnik immer mehr die Möglichkeiten von GPS und Internet, so dass man auch auf diesem Gebiet im Vergleich zu anderen Fachdisziplinen von einem guten Stand sprechen kann. Als Vorreiter hat sich die deutsche Landtechnik bei der Standardisierung des Datenaustausches zwischen den an den landtechnischen Prozessen beteiligten Bedarfsträgern einen Namen gemacht [34; 35].

Wissenschaft und Industrie

In ihren Anfängen vor etwa 150 Jahren wurde die deutsche Landtechnik-Industrie sehr stark von Händlern, Handwerkern und Landwirten geprägt, die vielfach angelsächsische Lösungen nachbauten, aber auch eigene Lösungen kreierten. Selbst in größeren Unternehmen war der Firmenchef gleichzeitig auch der Entwicklungschef, dessen Möglichkeiten für die Nutzung des Standes von wissenschaftlichen Erkenntnissen seiner Zeit in der Regel sehr begrenzt waren. Unter diesen Bedingungen konnte die Landtechnikindustrie im 19. Jahrhundert keine wesentlichen Beiträge zur Erweiterung des theoretischen Fundamentes leisten. Auszunehmen sind da eventuell solche Unternehmen wie die Firma Sack, von der bekannt ist, dass der Firmenchef bei seinen Entwicklungen einerseits die theoretische Seite stark berücksichtigte und andererseits bereits im Jahre 1877 eine eigene Versuchsstation für umfassende experimentelle Untersuchungen gründete [36]. Ansonsten reiften die Erzeugnisse dieser Zeit mit ihrer praktischen Anwendung, was dazu führte, dass sich ein starkes firmenunabhängiges Prüfwesen mit dem Ziel entwickelte,

Science and industry

At its beginning approximately 150 years ago, the German agricultural machinery industry was very strongly influenced by dealers, craftsmen, and farmers who often copied Anglo-Saxon designs, but also created their own solutions. Even in larger enterprises, the director of the company was also the director of the development department, whose ability to profit from the scientific knowledge of his time was generally very limited. Under these conditions, the agricultural machinery industry could not make any significant contributions to the extension of the theoretical foundations in the 19th century. Exceptions might be enterprises like the company Sack whose director is known to have strongly considered the theoretical side in his developments. In addition, he founded a company-owned test station for comprehensive experimental studies as early as 1877. Otherwise, the products of this time matured with their practical application, which led to the development of a strong company-independent testing network with the goal of protecting farmers from useless machinery. These methods of product development applied by industry did not change significantly even in the first decades of the 20th century. Such changes only became possible when more and more engineers and finally agricultural engineers were employed who were able to use the known theoretical foundations of natural sciences and engineering in product development. Even if one can say that the beginning dates back to the 1920s and 1930s, decisive changes became effective only as of the end of the 1950s. Not only were more and more agricultural engineers with a university education in agricultural engineering employed in the development departments, but companies also created efficient testing departments which applied state-of-the-art measuring and experimental technology.

As of this time, the agricultural machinery industry not only used the theoretical foundations which constantly grew thanks to the successes of science, but also increasingly cooperated in the extension of these foundations. One was and is particularly successful if such cooperation has a stable long-term basis. Under these conditions, some scientific institutes were able to work in certain areas over longer periods of time, which allowed them to make important contributions to the theory of these fields. This includes soil cultivation in Dresden, hay compression in Braunschweig, and harvesting equipment for grain crops in Dresden and Hohenheim, for example.

die Landwirte vor unbrauchbarer Technik zu schützen. An diesen von der Industrie für die Erzeugnisentwicklung angewendeten Methoden hatte sich auch in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts nichts Wesentliches geändert. Solche Veränderungen wurden erst mit dem zunehmenden Einsatz von Ingenieuren und schließlich von Landtechnikern möglich, die in der Lage waren, das bekannte theoretische Fundament der Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Erzeugnisentwicklung zu nutzen. Wenn man auch hierbei von den ersten Anfängen in den 1920er und 1930er Jahren sprechen kann, so wurden entscheidende Veränderungen erst ab Ende der 1950er Jahre wirksam. Neben der zunehmenden Besetzung der Entwicklungsbereiche mit landtechnisch ausgebildeten Hochschulingenieuren entstanden in den Unternehmen auch leistungsfähige Erprobungsbereiche, die den aktuellen Stand der Mess- und Experimentiertechnik anwendeten.

Ab diesem Zeitpunkt hat die Landtechnikindustrie das durch die Leistungen der Wissenschaft ständig wachsende theoretische Fundament nicht nur genutzt, sondern in Zusammenarbeit mit der Wissenschaft auch zunehmend an der Erweiterung dieses Fundamentes mitgewirkt. Besonders erfolgreich war und ist man, wenn eine solche Zusammenarbeit eine langfristige stabile Basis hat. Unter diesen Bedingungen konnten einige der wissenschaftlichen Einrichtungen über längere Zeiträume auf bestimmten Gebieten tätig sein und dadurch auch wesentliche Beiträge zur Theorie dieser Gebiete leisten. Dazu gehören unter anderem die Bodenbearbeitung in Dresden, das Verdichten von Halmgut in Braunschweig sowie die Erntetechnik für Druschfrüchte in Dresden und Hohenheim.

Neben den landtechnischen Theorien erhöhte sich ab den 1970er Jahren der Stellenwert für die Anwendung effektiver Methoden im konstruktiven Entwicklungsprozess. Von der Konstruktionssystematik [28; 37] ging der Weg über die verstärkte Anwendung der Rechen-technik bis zur Ablösung des Reißbrettes durch CAD/CAM-Systeme, die in den 1980er Jahren eingeleitet wurde. Die Veränderungen für die Entwicklungsbereiche betrafen damit nicht nur „was gemacht wird“, sondern vor allem auch „wie es gemacht wird“. Das war ab Mitte der 1990er Jahre eine entscheidende Voraussetzung für den wissenschaftlich fundierten Innovations-schub in der deutschen Landtechnik, der mit einer wesentlichen Senkung des Aufwandes für Forschung, Entwicklung und Fertigungsvorbereitung verbunden war.

In addition to the theoretical foundation of agricultural engineering, the importance of the application of effective methods in the design process grew as of the 1970s. The way led from construction systematics [28; 37] and the increased application of computing technology to the replacement of the drawing board by CAD/CAM systems, which began in the 1980s. The changes in the areas of development thus not only concerned “what was done”, but especially also “how it was done”. This was one decisive prerequisite for the scientifically founded surge of innovations in German agricultural engineering as of the middle of the 1990s, which led to a considerable reduction of the time and funds needed for research, development, and production preparation.

Summary

If one regards the theoretical foundation of a technical discipline as a measure of its scientific character, agricultural engineering has begun this development slightly later than many other disciplines. At the beginning of the 1950s, it lagged behind by several decades as compared with most other disciplines of mechanical engineering [6]. This was primarily the result of the specific conditions in agricultural engineering, which did not show many obvious starting points for the development of comprehensive mathematically founded theories given the possibilities available at that time. The fact that agricultural processes were known as far back as one can remember as they existed 150 years ago contributed to this lag in development. Only the advent of the electric motor in livestock farming and the use of the combustion engine in arable farming provided the necessary conditions for noticeable changes.

Even though the first steps had been taken in the middle of the 19th century and the representatives of the interests of science, industry, and agriculture (above all the German Agricultural Society founded in 1885) had taken a wide variety of measures, one can speak of the development of a theoretical foundation in German agricultural engineering only as of the 1920s, and only as of the 1950s did this development become somewhat goal-oriented. At this time, W. Kloth still complained about the “global lack of exact scientific studies” in this field with the hopeful remark that “agricultural engineering has reached a threshold where empirical development methods are more and more being replaced by scientific-technical development techniques” [18]. This expectation was confirmed later by the comprehensive, goal-oriented research in both parts of Germany, which

Zusammenfassung

Wenn man das theoretische Fundament einer Fachdisziplin zum Maßstab für ihre Wissenschaftlichkeit nimmt, dann hat sich die Landtechnik im Vergleich zu vielen anderen Fachdisziplinen etwas später auf diesen Weg begeben. Sie befand sich Anfang der 1950er Jahre im Vergleich zu den meisten anderen Disziplinen des Maschinenbaus um einige Jahrzehnte im Rückstand [6]. Das lag vor allem an den Besonderheiten der Landtechnik, die mit den Möglichkeiten dieser Zeit nicht allzu viele offenkundige Ansatzpunkte für umfassende mathematisch basierte Theorien bot. Beigetragen hat dazu auch, dass die landwirtschaftlichen Prozesse seit Menschengedenken in der vor 150 Jahren aktuellen Form bekannt waren. Erst mit dem Elektromotor für die Hofwirtschaft und dem Verbrennungsmotor für die Feldwirtschaft waren notwendige Voraussetzungen für spürbare Veränderungen gegeben.

Obwohl es bereits Mitte des 19. Jahrhunderts die ersten Schritte und in der Folgezeit sehr vielfältige Aktivitäten durch Interessenvertreter aus Wissenschaft, Industrie und Landwirtschaft gab, allen voran die 1885 gegründete Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, kann man von der Entwicklung eines theoretischen Fundamentes in der deutschen Landtechnik erst ab den 1920er Jahren sprechen, die auch erst ab Anfang der 1950er Jahre eine gewisse Zielstrebigkeit erreichte. Zu diesem Zeitpunkt beklagte W. Kloth noch den „weltweiten Mangel an exakten wissenschaftlichen Untersuchungen“ auf diesem Gebiet mit dem hoffnungsvollen Hinweis, dass „die Landtechnik an der Schwelle steht, wo empirische immer mehr durch wissenschaftlich-technische Entwicklungsverfahren ersetzt werden“ [18]. Diese Einschätzung hat sich in der Folgezeit durch die umfangreichen und zielgerichteten Forschungsarbeiten in beiden Teilen Deutschlands bestätigt, an denen neben den Landtechnikbereichen an den Universitäten zunächst vor allem die Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Völkenrode und die Institute der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR beteiligt waren. Seit längerem werden verstärkt auch die Industrieunternehmen in diesem Sinne wirksam, wobei die dafür einsetzbaren Potenziale zweifellos sehr differenziert sind.

Es gibt auch heute noch viele Entwicklungen, bei denen die technische Lösung vor der Theorie entstanden ist. Daneben existieren weiterhin viele gute Lösungen ohne eine geschlossene Theorie. Der innovative und theoretische Schub der Landtechnik in den letzten Jahrzehnten hat dazu geführt, dass nicht nur Rückstände gegenüber anderen Fachdisziplinen kompensiert wurden, sondern

was first carried out primarily at the agricultural research centre in Völkenrode and the institutes of the academy of agronomy of the GDR as well as the agricultural engineering departments of the universities. Industrial enterprises have also worked in this field for quite some time. The available potential in this area, however, is doubtlessly very differentiated.

Even today, the technical solution precedes theory in numerous developments. In addition, many good solutions exist without a closed theory. As a result of the innovative theoretical surge of innovation in agricultural engineering in the past decades, not only the lag in development as compared with other disciplines was compensated for, but agricultural engineering even became a pioneer in some areas relevant for other disciplines.

Literatur / Bibliography

- [1] *Autorenkollektiv:* Leonardo, Künstler-Forscher-Magier, Bassermann-Verlag, 2005
- [2] *Söhne, W.:* Geschichte des Instituts für Landmaschinen der TU München und Entwicklung der landtechnischen Institute in der Bundesrepublik. Institut für Landmaschinen der TU München, 1990
- [3] *Söhne, W.:* Einige Gedanken zur Empirie und Theorie bei der Bodenbearbeitung. Festschrift anlässlich 100 Jahre Agrartechnik Hohenheim am 4. Nov. 1983 in Stuttgart-Hohenheim
- [4] *Perels, E.:* Handbuch des Landwirtschaftlichen Maschinenwesens. 2. Auflage, 2 Bände, Verlag Hermann Costenoble, Jena, 1880
- [5] *Autorenkollektiv:* Emil Perels – Begründer landtechnischer Ausbildung. 2. Heinrich-Heyde-Kolloquium. Wissenschaftliche Beiträge der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, 1988, Heft 1: Biographie, 85 Seiten; Heft 2: Kolloquium, 85 Seiten
- [6] *Fischer, G., et al.:* Die Entwicklung des landwirtschaftlichen Maschinenwesens in Deutschland. Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Berlin, 1910, Heft 177, (Reprint des VDI-Verlages, 1987, mit Einleitung von H. J. Mathies)
- [7] *Hamm, W.:* Das Ganze der Landwirtschaft. Arnoldische Buchhandlung Leipzig, 1872 (unveränderter Nachdruck von 1985)

auf einigen auch für andere Fachdisziplinen relevanten Gebieten sogar eine Vorreiterrolle entstanden ist.

- [8] *Kühne, G., und E. Meyer:* Landmaschinenfibel: Leitfaden der Landmaschinenkunde. Schwungrad-Verlag Obershausen, 1994 (Nachdruck der 4. Auflage von 1930)
- [9] *Segler, G.:* Maschinen in der Landwirtschaft. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1956
- [10] *Denker, C. H.:* Handbuch der Landtechnik. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1956
- [11] *Heyde, H.:* Landmaschinenlehre. Verlag Technik, Berlin; Band 1, 1973; Band 2, 1978
- [12] *Autorenkollektiv:* Lehrbuch der Agrartechnik in fünf Bänden. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin (Pareys Studententexte), ab 1984
- [13] *Thum, E., et al.:* Maschinen und Anlagen für die Tierproduktion. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1985
- [14] *Brandt, R.:* Die Landmaschinenprüfung in Deutschland 1845 – 1945. In „Der Goldene Pflug“, Zeitschrift des Deutschen Landwirtschaftsmuseums Hohenheim, Heft 23 und 24
- [15] *Brandt, R.:* Die Landmaschinenprüfung in der DDR 1951–1991 und ihre Vorgeschichte. Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 38, Potsdam-Bornim, 2004
- [16] *Kühne, G.:* Das Landmaschinenwesen als Lehrgebiet für Ingenieure. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 73 (1929), Nr. 14
- [17] *Kühne, G.:* Handbuch der Landmaschinentechnik. Springer Verlag, Berlin, 1930 (Bd. 1), 1934 (Bd. 2)
- [18] *Kloth, W., et al.:* Grundlagen der Landtechnik. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1951 bis 1964, Hefte 1 bis 21
- [19] *Gorjatschkin, W. P.:* Sbornik Sotschinenii (Schriftensammlung in 3 Bänden). Jubiläumsausgabe anlässlich seines 100. Geburtstages, Verlag Kolos, Moskau, 1968
- [20] *Autorenkollektiv:* Kolloquium anlässlich des 50. Todesages von W. P. Gorjatschkin. Wissenschaftliche Beiträge der IH Berlin-Wartenberg, Heft 1, 1986
- [21] *Blumenthal, R.:* Technisches Handbuch Traktoren. Verlag Technik, Berlin, 1972
- [22] *Krutikow, N. P., et al.:* Theorie, Berechnung und Konstruktion von Landmaschinen. Verlag Technik, Berlin, 1955
- [23] *Kanafojski, C.:* Halmfruchterntemaschinen. Überarbeitete Neuauflage, Verlag Technik, Berlin, 1973
- [24] *Bernacki, H., und J. Haman:* Halmfruchterntemaschinen. Überarbeitete Neuauflage, Verlag Technik, Berlin, 1973
- [25] *Kanafojski, C.:* Dünge-, Sä- und Pflanzmaschinen. Verlag Technik, Berlin, 1967
- [26] *Kanafojski, C.:* Grundlagen erntetechnischer Baugruppen. Verlag Technik, Berlin, 1973
- [27] *Karwowski, T.:* Hackfruchterntemaschinen. Verlag Technik, Berlin, 1974
- [28] *Soucek, R., und H. Regge:* Grundsätze für die Konstruktion von Landmaschinen. Verlag Technik, Berlin, 1979
- [29] *Soucek, R., und G. Pippig:* Maschinen und Geräte für die Bodenbearbeitung, Düngung und Aussaat. Verlag Technik, Berlin, 1990
- [30] *Kloth, W.:* Atlas der Spannungsfelder in technischen Bauteilen. Verlag Stahl Eisen, Düsseldorf, 1961
- [31] *Cottin, D., und E. Puls:* Angewandte Betriebsfestigkeit. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1992
- [32] *Cottin, D.:* Von der Intuition zur Berechnung – zur Bemessung von Landmaschinentragsystemen. VDI-MEG Jahrbuch Agrartechnik, 2009
- [33] *Kollar, L.:* Automatisierung in der Landwirtschaft. Verlag Technik, Berlin, 1975
- [34] *Auernhammer, H.:* Elektronik in Traktoren und Maschinen. BLV Verlagsgesellschaft, München Wien Zürich, 1989
- [35] *Hieronimus, P., und G. Henninger:* ISOBUS – Aktueller Stand und Herausforderung in Entwicklung, Implementierung und praktischer Anwendung. VDI-MEG Jahrbuch Agrartechnik, 2009
- [36] *Rüstig, M.:* BBG – Landmaschinenbau in Leipzig. Schriftenreihe zur Entwicklung der Industrie in der Stadt Leipzig, Vokal-Verlag, Leipzig, 2008
- [37] *Herlitzius, T.:* Der Produktentwicklungsprozess unter dem Einfluss globaler Märkte und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen für die Ingenieurausbildung. Habilitation, TU Dresden, 2007

Schlussbemerkung der Herausgeber

Die Herausgeber sind froh, dass es für das Jahr 2011 trotz zahlreicher Schwierigkeiten, aber mit tatkräftiger Unterstützung vieler Stellen, wieder gelungen ist, das seit Jahren bewährte „Jahrbuch Agrartechnik – Yearbook Agricultural Engineering“ der internationalen Fachwelt vorzulegen. Das Konzept wurde der Entwicklung in der Agrartechnik angepasst und betont nun in den Jahren der Ausstellung EuroTier verstärkt die Trends der landwirtschaftlichen Innenwirtschaft. Das Buch wird deshalb schon zur EuroTier zur Verfügung stehen. In den Agritechnica-Jahren soll sich das Buch wesentlich stärker auf die Außenwirtschaft konzentrieren und ebenfalls zur Ausstellung vorliegen. Der einleitende Leitartikel wird jeweils auf die Tendenzen in der Innen- oder Außenwirtschaft zusammenfassend hinweisen.

Dieses Jahr konnten wir noch einmal mit einer finanziellen Unterstützung durch den Fachverband Landtechnik im VDMA und die Max-Eyth-Gesellschaft im Verein Deutscher Ingenieure rechnen. Hierfür gebührt ihnen besonderer Dank. Zu danken ist ebenso der Walter-Stauß-Stiftung, die erneut jungen osteuropäischen Agrartechnikern das Jahrbuch als Spende zur Verfügung stellt. Ein ganz besonderer Dank der Herausgeber gilt den Autoren aus dem In- und Ausland, die ehrenamtlich wieder alle Mühen auf sich genommen haben, um das vorliegende Buch so interessant und aktuell wie möglich zu gestalten. Dies hat dazu geführt, dass das Jahrbuch zu einem Aushängeschild der Deutschen Landtechnik und zu einem international anerkannten Nachschlagewerk geworden ist. Die aktuellen Entwicklungen der modernen Agrartechnik werden jährlich dokumentiert, ein vergleichbares Nachschlagewerk gibt es in keinem anderen Industriezweig.

Abschließend möchten die Herausgeber Herrn Dipl.-Ing. Ralf Kattenstroth vom Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig danken, der unermüdlich die eingehenden Beiträge „eingesammelt“ und wesentliche Vorarbeiten geleistet hat.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hans-Heinrich Harms
Dr. agr. Rainer Metzner

Concluding Remarks of the Editors

The editors are pleased that despite numerous difficulties the 2011 edition of the Yearbook Agricultural Engineering, an established publication for years, can again be presented to experts around the world despite numerous difficulties through the active support of many organizations. The concept has been adapted to the development of agricultural engineering and now emphasizes trends in livestock farming in the years of the EuroTier exhibition. The book will therefore be available in time for the exhibition. In Agritechnica years, the Yearbook will focus more heavily on arable farming and will also be available before the beginning of the exhibition. The introductory editorial will highlight and summarize the tendencies in livestock or arable farming.

This year, we were able to count once again on financial support by the VDMA Agricultural Machinery Association and the Max Eyth Society of the Association of German Engineers. The editors would especially like to thank these two organizations. Thanks are also due to the Walter Stauß Foundation which again donated copies of the Yearbook to young agricultural engineers in Eastern Europe. In addition, the editors would in particular like to thank the authors from Germany and abroad who made all efforts again to make the present Yearbook as interesting and current as possible without receiving any monetary compensation. Thus, the Yearbook has become a prestige publication of German agricultural engineering and an internationally renowned encyclopaedia, which documents the developments in modern agricultural engineering every year. A similar encyclopaedia does not exist in any other branch of industry.

Finally, the editors would like to thank Dipl.-Ing. Ralf Kattenstroth from the Institute of Agricultural Machinery and Fluid Power of the Technical University of Braunschweig, who untiringly “collected” the incoming contributions and carried out important preparation work.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hans-Heinrich Harms
Dr. agr. Rainer Metzner

Verfasserverzeichnis

Author Catalogue

Einführung / Introduction

Prof. Dr. agr. habil. Wolfgang Büscher
Institut für Landtechnik, Universität Bonn
Nussallee 5, 53115 Bonn
Tel.: 0228 - 732389
Fax: 0228 - 732596
E-Mail: buescher@uni-bonn.de

1.1

Prof. Dr. Dr. h. c. Alois Heißenhuber und
M. Sc. Monika Zehetmeier
Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues,
TU München
Alte Akademie 14, 85350 Freising-Weihenstephan
Tel.: 08161 - 713410 (Heißenhuber)
Tel.: 08161 - 713415 (Zehetmeier)
Fax: 08161 - 714426
E-Mail: heissenhuber@wzw.tum.de
monika.zehetmeier@tum.de

1.2

Dipl.-Betriebswirt Hubert Lütke Laxen
BFL - Bauförderung Landwirtschaft e.V.
- Geschäftsstelle Münster -
Nevinghoff 40, 48147 Münster
Tel.: 0251 - 703898-38
Fax: 0251 - 703898-39
E-Mail: laxen@bfl-online.de

2.2

Dipl.-Ing. agr. Christian Paulsen
Landeskontrollverband Nordrhein-Westfalen e.V.
Bischofstraße 85, 47809 Krefeld
Tel.: 02151 - 4111-151
Fax: 02151 - 4111-117
E-Mail: paulsen@lkv-nrw.de

Dr. agr. Ralf Köstler
Landeskontrollverband Sachsen-Anhalt e.V.
Angerstraße 6, 06118 Halle/Saale
Tel.: 0345 - 52149-80
Fax: 0345 - 52149-9080
E-Mail: koestler@lkv-st.de

2.4

Dr. agr. Gerd-Christian Maack
Institut für Landtechnik, Abteilung Tierhaltungstechnik
Nussallee 5, 53115 Bonn
Tel.: 0228 - 732391
Fax: 0228 - 732596
E-Mail: cmaack@uni-bonn.de

2.5

PD Dr. habil. Matthias Schick
Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
Agrarökonomie und Agrartechnik
Tänikon, CH-8356 Ettenhausen
Tel.: +41 - 52 - 3683252
Fax: +41 - 52 - 3651190
E-Mail: matthias.schick@art.admin.ch

2.7

Prof. Dr. agr. Heinz Bernhardt
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, TU München
Am Staudengarten 2, 85354 Freising
Tel.: 08161 - 713086
Fax: 08161 - 713895
E-Mail: heinz.bernhardt@wzw.tum.de

3

Prof. Dr.-Ing. Hermann Knechtges
Institut für Technik, Hochschule für Wirtschaft und
Umwelt Nürtingen - Geislingen
Schelmenwasen 4-8, 72622 Nürtingen
Tel.: 07022 - 4041-87
Fax: 07022 - 4041-66
E-Mail: hermann.knechtges@hfwu.de

Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h. c. Karl Theodor Renius
Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik,
Arbeitsbereich mobile Arbeitsmaschinen, TU München
Boltzmannstraße 15, 85748 Garching
Tel.: 089 - 289158-67
Fax: 089 - 289158-71
E-Mail: renius@ltm.mw.tum.de

Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer
Lehrstuhl für mobile Arbeitsmaschinen, TH Karlsruhe
Gotthard-Franz-Straße 8, 76131 Karlsruhe
Tel.: 0721 - 608-8601
Fax: 0721 - 608-8609
E-Mail: marcus.geimer@kit.edu

4

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Herlitzius und
Dipl.-Ing. André Grosa
Institut für Verarbeitungsmaschinen und mobile
Arbeitsmaschinen (IVMA)
Professur Agrarsystemtechnik, TU Dresden
Bergstraße 120, 01069 Dresden
Tel.: 0351 - 463-32777 (Herlitzius)
0351 - 463-32832 (Grosa)
Fax: 0351 - 463-37133
E-Mail: herlitzius@ast.mw.tu-dresden.de
grosa@ast.mw.tu-dresden.de

5

M. Sc. Christian Gall, Dr. Thorsten Knappenberger und
Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Karlheinz Köller
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion
Universität Hohenheim
Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart
Tel.: 0711 - 459-23519 (Gall)
0711 - 459-23106 (Knappenberger)
0711 - 459-23139 (Köller)
Fax: 0711 - 459-22712
E-Mail: christian.gall@uni-hohenheim.de
thorsten.knappenberger@uni-hohenheim.de
koeller@uni-hohenheim.de

6.2

Prof. Dr.-Ing. Bernd Johanning
Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Informatik
Fachhochschule Osnabrück
Albrechtstraße 30, 49076 Osnabrück
Tel.: 0541 - 969-2044
Fax: 0541 - 969-3749
E-Mail: b.johanning@fh-osnabrueck.de

7.3

Dr. rer. agr. Thomas Hoffmann
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam
Tel.: 0331 - 5699-310
Fax: 0331 - 5699-849
E-Mail: thoffmann@atb-potsdam.de

8.2

Dr.-Ing. Jochen Mellmann und
Dr. rer. agr. Thomas Hoffmann
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam
Tel.: 0331 - 5699-321 (Mellmann)
0331 - 5699-310 (Hoffmann)
Fax: 0331 - 5699-849
E-Mail: jmellmann@atb-potsdam.de
thoffmann@atb-potsdam.de

9

Prof. Dr.-Ing. Peter Schulze Lammers
Institut für Landtechnik, Universität Bonn
Nussallee 5, 53115 Bonn
Tel.: 0228 - 73-2389
Fax: 0228 - 73-2596
E-Mail: lammers@uni-bonn.de

Dr. agr. Rolf Peters
Versuchsstation Dethlingen
Dethlingen 14, 29633 Munster
Tel.: 05192 - 2282
Fax: 05192 - 10979
E-Mail: ktbl-kartoffeln@t-online.de

10.1

Dr. Lutz Damerow
Institut für Landtechnik, Universität Bonn
Nussallee 5, 53115 Bonn
Tel.: 0228 - 73-2393
Fax: 0228 - 73-2596
E-Mail: damerow@uni-bonn.de

10.2

Prof. Dr. Thomas Rath
Institut für biologische Produktionssysteme
Fachgebiet Biosystem- und Gartenbautechnik,
Universität Hannover
Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover
Tel.: 0511 - 762-3288
Fax: 0511 - 762-2649
E-Mail: rath@itg.uni-hannover.de

11.1

Dr. agr. Thomas Pitschmann
Landgesellschaft Mecklenburg-Vorpommern mbH
Lindenallee 2a, 19067 Leezen
Tel.: 03866 - 404-110
Fax: 03866 - 404-490
E-Mail: landgesellschaft@lgm.de

11.2

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jan-Gerd Krentler
Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
Tel.: 0531 - 596-4412
Fax: 0531 - 596-4499
E-Mail: jan.krentler@vti.bund.de

Dr. Michael Zähler und
Dipl.-Ing. Ludo van Caenegem
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
CH-8356 Ettenhausen
Tel.: 0041 - 52 - 368-3313 (Zähler)
0041 - 52 - 368-3282 (van Caenegem)
Fax: 0041 - 52 - 365-1190
E-Mail: michael.zaehner@art.admin.ch
ludo.vancaenegem@art.admin.ch

12.1

Dr. agr. Georg Wendl
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising
Tel.: 08161 - 713451
Fax: 08161 - 714048
E-Mail: Georg.Wendl@LfL.bayern.de

12.2

Dr. Wilfried Hartmann
Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft KTBL
Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt
Tel.: 06151 - 7001-159
Fax: 06151 - 7001-123
E-Mail: w.hartmann@ktbl.de

12.3

Dr. Wilhelm Pflanz und
Dr. Stephanie Knoop
Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg
Seehöfer Straße 50, 97944 Boxberg-Windischbuch
Tel.: 07930 - 9928-140 (Pflanz)
07930 - 9928-141 (Knoop)
Fax: 07930 - 9928-111
E-Mail: wilhelm.pflanz@lsz.bwl.de
Stephanie.Knoop@lsz.bwl.de

12.4

PD Dr. agr. sc. Engel F. Hessel
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungs-
wirtschaft
Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen
Tel.: 0551 - 395597
Fax: 0551 - 395595
E-Mail: earkena@gwdg.de

Prof. Dr. Ir. Herman Van den Weghe
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungs-
wirtschaft
Universitätsstraße 7, 49377 Vechta
Tel.: 04441 - 15435
Fax: 04441 - 15448
E-Mail: hweghe@uni-goettingen.de

12.5

Dr. agr. Jutta Berk
Friedrich-Loeffler-Institut
Institut für Tierschutz und Tierhaltung
Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit
Dörnbergstr. 25/27, 29223 Celle
Tel.: 05141 - 3846-150
Fax: 05141 - 3846-117
E-Mail: Jutta.Berk@fli.bund.de

12.6

Dr. agr. Jutta Berk
siehe 12.5

12.7

Dr. Birgit Schmidt-Puckhaber
DLG e.V., Projektleitung Aquakultur
Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main
Tel.: 069 - 24788-307
Fax: 069 - 24788-314
E-Mail: B.Schmidt-Puckhaber@DLG.org

13.2

Dr. rer. nat. Jochen Hahne,
Dr.-Ing. Karl-Heinz Krause,
Prof. Dr.-Ing. Axel Munack und
Prof. Dr. rer. nat. habil. Klaus-Dieter Vorlop
Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
Tel.: 0531 - 596-4201 (Munack)
0531 - 596-4101 (Vorlop)
Fax: 0531 - 596-4199
E-Mail: jochen.hahne@vti.bund.de
karlheinz.krause@vti.bund.de
axel.munack@vti.bund.de
klaus.vorlop@vti.bund.de

14.1

Univ.-Prof. Dr. Dr. habil. Josef Boxberger,
Univ.-Prof. Dr. Thomas Amon und
Dr. Gerhard Moitzi
Institut für Landtechnik
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Universität für Bodenkultur
Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien
Tel.: 0043 - 1 - 47654-3500
Fax: 0043 - 1 - 47654-3527
E-Mail: josef.boxberger@boku.ac.at
thomas.amon@boku.ac.at
gerhard.moitzi@boku.ac.at

15.1

Prof. Dr. agr. Joachim Müller
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim
Fachgruppe Agrartechnik in den Tropen und Subtropen
Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart
Tel.: 0711 - 459-22490
Fax: 0711 - 459-23298
E-Mail: joachim.mueller@uni-hohenheim.de

16.1

Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer
Lehrstuhl für mobile Arbeitsmaschinen, TH Karlsruhe
Gotthard-Franz-Straße 8, 76131 Karlsruhe
Tel.: 0721 - 608-8601
Fax: 0721 - 608-8609
E-Mail: marcus.geimer@kit.edu

17.1

Dr. agr. Harald Reubold,
Dipl.-Ing. agr. Iris Beckert und
Dipl.-Ing. agr. Susanne Gäckler
DLG e.V.
Testzentrum Technik und Betriebsmittel
Max-Eyth-Weg 1, 64823 Groß-Umstadt
Tel.: 069 - 24788-633 (Reubold)
Fax: 069 - 24788-690
E-Mail: H.Reubold@dlg.org

18.1

Dr.-Ing. Klaus Krombholz
Kaufhausstraße 40, 78333 Stockach
Tel.: 07771 - 914189
E-Mail: Klaus.Krombholz@t-online.de

Prof. em. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E. h. Rudolf Soucek
Dorfhainer Str. 12, 01189 Dresden
Tel.: 0351 - 4032500
E-Mail: r.soucek@web.de

19

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hans-Heinrich Harms
Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik,
TU Braunschweig
Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig
Tel.: 0531 - 391-2670
Fax: 0531 - 391-5951
E-Mail: h.harms@tu-bs.de

Dr. agr. Rainer Metzner
Wingertsweg 7, 64823 Groß-Umstadt
Tel.: 06078 - 911623
E-Mail: cur.metzner@gmx.de

Das „Jahrbuch Agrartechnik“, seit dem Jahre 1988 jährlich herausgegeben, fasst die Forschungsergebnisse eines Jahres auf dem weiten Gebiet der Agrartechnik zusammen und gibt damit einen Überblick über die wissenschaftlichen Aktivitäten der agrartechnischen Institute. Auch der Informationstechnologie in der Landtechnik ist ein ausführliches Kapitel gewidmet.

Wie schon in den vergangenen Jahren sind in diesem Band wiederum Wissenschaftler aus dem europäischen Ausland als Autoren miteinbezogen.

The “Yearbook Agricultural Engineering”, which has been published annually since 1988 summarizes the research results of one year in the vast field of agricultural engineering and presents an overview of the scientific activities of the institutes of agricultural engineering, including the information technologies on agricultural mechanisation systems.

Again as in last years, this volume also contains contributions by scientists from other European countries.



ISBN: 978-3-7690-0773-2
€ 49,90 (D) • € 51,40 (A) • SFr 79,80



9 783769 007732

